

Diseño y Soluciones constructivas en la envolvente de la vivienda social en El Salvador: Estudio de la repercusión de la temperatura radiante en el confort térmico interior

UNIVERSIDAD POLITECNICA DE CATALUÑA
ESCUELA TECNICA SUPERIOR DE ARQUITECTURA DE BARCELONA
UNIDAD DE POSTGRADO

**DISEÑO Y SOLUCIONES CONSTRUCTIVAS EN LA
ENVOLVENTE DE LA VIVIENDA SOCIAL EN EL SALVADOR:
ESTUDIO DE LA REPERCUSION DE LA TEMPERATURA
RADIANTE EN EL CONFORT TERMICO INTERIOR**



Trabajo Final para Optar al Título de Master

**TECNOLOGIA EN LA ARQUITECTURA
CONSTRUCCION ARQUITECTONICA – INNOVACION
TECNOLOGICA**

AUTOR:

ARQ. CHRISTIAN BENDIX HIDALGO
CHRISTIANBENDIXH@GMAIL.COM

TUTOR:

DR. ARQ. JAUME AVELLANEDA
DR. FS. JAUME ROSET



BARCELONA, ESPAÑA, 2015

AGRADECIMIENTOS

A Dios Padre Todopoderoso: por iluminarme, por darme la fortaleza para poder alcanzar mi meta y por estar conmigo en todo momento.

A mis padres Gustavo Bendix y Juana Hidalgo de Bendix: por sus consejos y por su confianza, gracias a sus sacrificios logré cumplir con una de mis más grandes metas y de esta forma recibí la mejor de las herencias.

A mis hermanos Erick y Johanna Bendix: por su cariño, comprensión y apoyo incondicional.

A mis tíos Homero y Fulvio Hidalgo: por apoyarme a lo largo de esta maestría.

A mis catedráticos: por todo el conocimiento que impartieron hacia mí, lo cual me permitió formarme como un profesional.

RESUMEN

A lo largo de los años se han realizado una gran cantidad de estudios con respecto a las condiciones de confort y las estrategias de diseño para el logro de las mismas tomando como base las distintas condiciones climáticas de cada uno de los lugares en específico y se ha demostrado como la cubierta es uno de los paramentos donde son más efectivas las intervenciones, debido a que se logra disminuir la transmisión de calor en lugares con altos niveles de radiación solar.

En este trabajo se analizan y se evalúan tanto las estrategias de diseño de las cubiertas actuales como las propuestas a implementar tomando como base los fenómenos de transmisión de energía calorífica por conducción, convección y radiación, la temperatura del ambiente, el porcentaje de humedad, radiación solar etc. Otro aspecto de gran influencia sobre el grado de confort o discomfort que puede experimentar un individuo dentro de un espacio en concreto es la temperatura radiante media ya que es la temperatura a la que se encuentra los paramentos que componen un espacio y con los que el individuo intercambia calor. Debido a esto se vuelve un punto determinante en el desarrollo del presente trabajo, ya que a través de este en combinación con el modelo estático propuesto por Fanger se podrá evaluar la efectividad de las distintas propuestas de diseño de cubiertas que se presentan en este documento y así seleccionar la de mayor conveniencia al momento de llevarse a cabo su integración en la construcción convencional en El Salvador en donde los materiales de recubrimiento de cubierta más recurrentes son las láminas metálicas así como de fibrocemento.

En la presente investigación se plantea continuar con la utilización del material de cubierta actual para así generar de manera más fácil la integración de las nuevas propuestas en el entorno, sin embargo entre las estrategias a considerar para mejorar el confort en las edificaciones están: evaluación del comportamiento de los materiales utilizados en la construcción actualmente y la eficiencia térmica de los mismos, utilización de materiales aislantes tanto resistivos como reflexivos, implementación de cámaras ventiladas en cubiertas para permitir el desalojo del aire caliente acumulado siendo renovado constantemente por aire del exterior a menor temperatura.

Para la evaluación de los parámetros mencionados anteriormente se llevó a cabo la realización de varias propuestas de cubiertas las cuales se sometieron a evaluaciones a través de modelos matemáticos basados en el confort térmico haciendo uso de programas de hojas de cálculo específicamente Excel.

Finalmente se evaluaron cada una de las nuevas estrategias de cubiertas en comparación con las actuales en base a ciertos parámetros: confort térmico, grado de intervención, coste económico, reducción de temperatura superficial interior con el fin de determinar cuál es la opción de cubierta más conveniente y que mayor eficiencia tendría al momento de implementarla en el clima cálido seco en El Salvador.

Palabras Clave: Confort Térmico, Cubierta, Clima Cálido Seco, Energía Calorífica, Estrategias de Diseño, Temperatura Radiante Media.

ABSTRACT

Over the years there have been a lot of studies regarding the conditions of comfort and design strategies for achieving of them based on different climatic conditions of each specific places and has shown that the roof is one of the most effective faces where interventions are significantly effective, because it is able to reduce heat transmission in places with high levels of solar radiation.

In this work we test and analyze both design strategies of existing roofs as the proposals to be implemented on the basis of phenomena transmission of heat energy by conduction, convection and radiation, air temperature, humidity, solar radiation etc. Another aspect of great influence on the degree of comfort or discomfort that an individual may experience in a particular space is the mean radiant temperature as it is the temperature at which are the walls that compose a space and with those the individual exchanges heat. Because of this, it becomes a turning point in the development of this paper, being that through this in combination with the static model proposed by Fanger may evaluate the effectiveness of the different design of proposals that are presented in this document and by that helping select the most convenience when carried out its integration in conventional construction in El Salvador where the coating materials are recurring covered metal and asbestos cement sheets.

In this research it is proposed to continue with the use of the current cover material so the new proposals can easily integrate on the environment, however among the strategies to consider to improve comfort in buildings are: assessment behavior of materials used in construction now a days and the thermal efficiency of them, using both insulating materials such as resistive and reflective, implementation of ventilated roofs to allow the evacuation of hot air accumulated in cameras that will be constantly renewed by outside air which one is cooler .

For the evaluation of the parameters mentioned above was carried out the elaboration of several roof proposals which assessments underwent through mathematical formulas based on thermal comfort using programs specifically Excel spreadsheets.

Finally each one of the new strategies were evaluated in comparison with the current roof based on certain parameters: thermal comfort, degree of intervention, economic cost, reduced inner surface temperature in order to determine the most convenient roof option and the one that has the greater efficiency at the moment of build it in the warm dry climate in El Salvador.

Keywords: Thermal Comfort, Roof, Dry Hot Weather, Heat Energy, Design Strategies, Mean Radiant Temperature.

INDICE

- Índice de Figuras.....	7
- Índice de Tablas.....	12
- Índice de Anexos.....	12
- Capítulo 1.....	13
• Introducción.....	14
• Metodología de la Investigación.....	15
• Objetivos.....	16
➤ General.....	16
➤ Específicos.....	16
- Capítulo 2: Clima en la Republica de El Salvador; Cálido Tropical.....	17
• Generales.....	18
• Clima.....	19
• Precipitaciones.....	22
• Humedad del aire.....	23
• Sismología.....	24
• Radiación Solar.....	26
• Brillo Solar.....	28
• Vientos.....	31
• Ciclones Tropicales.....	33
• Vulcanología.....	41
- Capítulo 3: La Vivienda Social y Método de Construcción convencional.....	44
• Vivienda de Interés Social.....	45
• Vivienda de Interés Social en El Salvador.....	45
• Sistema Constructivo Convencional.....	46
• Normativa en El Salvador.....	55
- Capítulo 4: Análisis y Parámetros de confort en la construcción de la Vivienda Social.....	60
• Ambiente Interior y Confort.....	61
• Teorías para el Confort en la Edificación.....	61
• Temperatura Radiante Media como parámetro de confort térmico.....	64
- Capítulo 5: Análisis y Resultados de las evaluaciones de Cubiertas; Cubiertas Existentes y Cubiertas Propuestas.....	65
• Calculo de la Temperatura Superficial Exterior en la Cubierta Existente.....	66
• Calculo de la Temperatura Superficial Interior en la Cubierta Existente.....	67
• Evaluación de Tipos de Cubiertas en la construcción convencional en Ámbitos de confort.....	69

Diseño y Soluciones constructivas en la envolvente de la vivienda social en El Salvador: Estudio de la repercusión de la temperatura radiante en el confort térmico interior

•	Calculo de la Temperatura Superficial Interior para cubiertas tipo ventilada.....	69
•	Calculo de la Temperatura Superficial Interior para Cubiertas tanto Ventiladas como No Ventiladas con la Inclusión de Laminas Reflectantes.....	69
•	Comparativa de Tipos de Cubiertas en la construcción convencional en ámbitos de confort.....	72
•	Temperatura Interior (Temperatura de Aire) y Temperatura Superficial Interior (Temperatura Radiante Media) en relación con el Confort en la Edificación.....	103
•	Evaluación de Cubiertas Tanto Existentes como Propuestas en base a Porcentaje Previsto de Insatisfechos, en comparación al Costo Económico de las mismas.....	105
-	Capítulo 6: Conclusiones Generales.....	112
•	Conclusiones de Comparativa de Tipos de Cubierta en la construcción Convencional en ámbitos de Confort.....	113
•	Conclusiones de Comparativa de Temperatura Interior y Temperatura Superficial Interior en relación con el confort en la Edificación.....	114
•	Conclusiones de Comparativa de Tipos de Cubierta en base a Porcentaje Previsto de Insatisfechos versus Coste Económico.....	115
-	Bibliografía Documental y Electrónica.....	116
-	Anexos.....	117

INDICE DE FIGURAS

Figura 1. Mapa de El Salvador.....	19
Figura 2. Parámetros Climáticos Promedio de San Salvador.....	19
Figura 3. Mapa de Zona Climáticas de El Salvador.....	20
Figura 4. Temperatura Mínima diaria promedio en mes de Diciembre.....	21
Figura 5. Temperatura Máxima diaria promedio en mes de Diciembre.....	21
Figura 6. Temperatura Promedio por Trimestres para El Salvador.....	22
Figura 7. Precipitación Promedio anual para El Salvador.....	23
Figura 8. Tabla Resumen Promedio climatológicos para año 2011.....	23
Figura 9. Capas de la Corteza Terrestre.....	24
Figura 10. Distribución Superficial de las Placas Litosfericas.....	25
Figura 11. Movimiento de las Placas Tectónicas.....	26
Figura 12. Identificación de Estaciones según Código.....	27
Figura 13. Registro de Radiación Solar para periodo entre 1957-1984.....	27
Figura 14. Registro de Radiación Solar para periodo entre 1984-2002.....	28
Figura 15. Registro de Brillo Solar para periodo entre 1957-1984.....	29
Figura 16. Registro de Brillo Solar para periodo entre 1984-2002.....	29
Figura 17. Mapa de Radiación Solar promedio anual de El Salvador.....	30
Figura 18. Mapa de Radiación Solar promedio anual de El Salvador.....	30
Figura 19. Índice de deformación de vegetación en relación a la velocidad del viento.....	31
Figura 20. Escala de Viento Beaufort.....	31
Figura 21. Fuerza de Viento Equivalente para Centro América y el Caribe.....	32
Figura 22. Formación de Huracanes.....	33
Figura 23. Área de Formación de Ciclones en la Cuenca del Atlántico mes Junio.....	36
Figura 24. Área de Formación de Ciclones en la Cuenca del Atlántico mes Julio.....	36
Figura 25. Área de Formación de Ciclones en la Cuenca del Atlántico mes Agosto.....	37

Figura 26. Área de Formación de Ciclones en la Cuenca del Atlántico mes Septiembre.....	37
Figura 27. Área de Formación de Ciclones en la Cuenca del Atlántico mes Octubre.....	38
Figura 28. Área de Formación de Ciclones en la Cuenca del Atlántico mes Noviembre.....	38
Figura 29. Trayectoria de los diferentes fenómenos climáticos para el año 2010.....	39
Figura 30. Trayectoria de los diferentes fenómenos climáticos para el año 1998.....	40
Figura 31. Capas de la corteza terrestre.....	41
Figura 32. Placas Tectónicas.....	42
Figura 33. Volcanes con erupciones Conocidas.....	43
Figura 34. Principales Volcanes de El Salvador.....	43
Figura 35. Bloque de Concreto Composición.....	47
Figura 36. Clases de Bloques según su densidad.....	47
Figura 37. Bloque de Concreto Medidas.....	48
Figura 38. Tabla de Resistencia a Compresión.....	48
Figura 39. Tipos de Concreto Fluido.....	49
Figura 40. Perfiles Estructurales Formados en Frio.....	52
Figura 41. Componente de la Estructura de Cubierta con Elementos Metálicos.....	52
Figura 42. Composición de Estructura de Soporte de Cubierta Tipo.....	53
Figura 43. Polín de Celosía Espacial.....	54
Figura 44. Composición de Sistema de Mampostería Reforzada con Bloque de Concreto.....	55
Figura 45. Normas para el Diseño y Construcción de Viviendas.....	56
Figura 46. Complejo Habitacional de Carácter Social.....	56
Figura 47. Planta Arquitectónica/Planta Baja - Vivienda Social.....	57
Figura 48. Planta Arquitectónica/Planta Baja - Vivienda Social de 2 Niveles.....	58
Figura 49. Planta Arquitectónica/Planta +1 - Vivienda Social de 2 Niveles.....	59
Figura 50. Resultados de los cálculos de Temperatura Superficial Exterior.....	66
Figura 51. Tabla de Propiedades de Materiales.....	68
Figura 52. Resultados de Temperatura Superficial Interior para diferentes	

Diseño y Soluciones constructivas en la envolvente de la vivienda social en El Salvador: Estudio de la repercusión de la temperatura radiante en el confort térmico interior

combinaciones de materiales.....	68
Figura 53. Resultados de Temperatura Superficial Interior para diferentes combinaciones de materiales.....	69
Figura 54. Resultados de Temperatura Superficial Exterior en Lámina reflectante con cubierta de Fibrocemento.....	71
Figura 55. Resultados Temperatura Superficial Interior Cubierta Ventilada con Aislamiento y Lámina Reflectante.....	71
Figura 56. Resultados Temperatura Superficial Interior Cubierta No Ventilada con Aislamiento y Lámina Reflectante.....	71
Figura 57. Resultados de Temperatura Superficial Exterior de Cubierta Lámina Fibrocemento.....	73
Figura 58. Resultados de Temperatura Superficial Exterior de Cubierta Lámina Metálica Galvanizada.....	73
Figura 59. Resultados de Temperatura Superficial Exterior de Cubierta Lámina Metálica con baño de Zinc.....	73
Figura 60. Comparación entre cubierta ventilada y no ventilada.....	75
Figura 61. Sección Longitudinal Propuesta 1.....	75
Figura 62. Acercamiento de Detalle Propuesta 1.....	76
Figura 63. Detalle de Tipología Propuesta 1.....	76
Figura 64. Resultados de Temperatura Superficial Interior de las diferentes combinaciones de materiales en Propuesta 1.....	77
Figura 65. Grafica de Resultados Temperatura Superficial Interior cielo falso de Placas Fibrocemento Propuesta 1.....	77
Figura 66. Grafica de Resultados Temperatura Superficial Interior cielo falso de Placas de Yeso Propuesta 1.....	78
Figura 67. Propuesta en 3 dimensiones Propuesta 1.....	78
Figura 68. Sistema Constructivo Detalle Propuesta 1.....	78
Figura 69. Sección Longitudinal Propuesta 2.....	79
Figura 70. Detalle de Tipología Propuesta 2.....	79
Figura 71. Acercamiento de Detalle Propuesta 2.....	80
Figura 72. Resultados de Temperatura Superficial Interior de las diferentes combinaciones de materiales en Propuesta 2.....	81
Figura 73. Grafica de Resultados Temperatura Superficial Interior cielo falso de	

Placas Fibrocemento Propuesta 2.....	81
Figura 74. Grafica de Resultados Temperatura Superficial Interior cielo falso de Placas de Yeso Propuesta 2.....	82
Figura 75. Propuesta en 3 dimensiones Propuesta 2.....	82
Figura 76. Sistema Constructivo Detalle Propuesta 2.....	82
Figura 77. Sección Longitudinal Propuesta 3.....	83
Figura 78. Detalle de Tipología Propuesta 3.....	83
Figura 79. Acercamiento de Detalle Propuesta 3.....	84
Figura 80. Resultados de Temperatura Superficial Interior de diferentes combinaciones de materiales en Propuesta 3.....	84
Figura 81. Grafica de Resultados Temperatura Superficial Interior cielo falso de Placas Fibrocemento Propuesta 3.....	85
Figura 82. Grafica de Resultados Temperatura Superficial Interior cielo falso de Placas de Yeso Propuesta 3.....	85
Figura 83. Propuesta en 3 dimensiones Propuesta 3.....	86
Figura 84. Sistema Constructivo Detalle Propuesta 3.....	86
Figura 85. Sección Longitudinal Propuesta 4.....	86
Figura 86. Acercamiento de Detalle Propuesta 4.....	87
Figura 87. Detalle de Tipología Propuesta 4.....	88
Figura 88. Resultados de Temperatura Superficial Interior de las diferentes combinaciones de materiales en Propuesta 4.....	88
Figura 89. Grafica de Resultados Temperatura Superficial Interior cielo falso Placas de Fibrocemento Propuesta 4.....	88
Figura 90. Grafica de Resultados Temperatura Superficial Interior cielo falso Placas de Yeso Propuesta 4.....	89
Figura 91. Propuesta en 3 dimensiones Propuesta 4.....	89
Figura 92. Sistema Constructivo Detalle Propuesta 4.....	89
Figura 93. Sección Longitudinal de caso actual de Propuesta de Cubierta.....	90
Figura 94. Detalle de Tipología.....	90
Figura 95. Acercamiento de Detalle.....	91
Figura 96. Resultados de Temperatura Superficial Interior de las diferentes combinaciones	

Diseño y Soluciones constructivas en la envolvente de la vivienda social en El Salvador: Estudio de la repercusión de la temperatura radiante en el confort térmico interior

de materiales en Propuesta 5.....	91
Figura 97. Grafica de Resultados Temperatura Superficial Interior cielo falso de Placas Fibrocemento Propuesta 5.....	92
Figura 98. Grafica de Resultados Temperatura Superficial Interior cielo falso de Placas de Yeso Propuesta 5.....	92
Figura 99. Propuesta en 3 dimensiones Propuesta 5.....	93
Figura 100. Sistema Constructivo Detalle Propuesta. 5.....	93
Figura 101. Sección Longitudinal Propuesta 6.....	93
Figura 102. Acercamiento de Detalle Propuesta 6.....	94
Figura 103. Detalle de Tipología Propuesta 6.....	94
Figura 104. Resultados de Temperatura Superficial Interior de diferentes combinaciones de materiales en Propuesta 6.....	95
Figura 105. Grafica de Resultados Temperatura Superficial Interior cielo falso Placas Fibrocemento Propuesta 6.....	95
Figura 106. Grafica de Resultados Temperatura Superficial Interior cielo falso de Placas de Yeso Propuesta 6.....	95
Figura 107. Propuesta en 3 dimensiones Propuesta 6.....	96
Figura 108. Sistema Constructivo Detalle Propuesta 6.....	96
Figura 109. Sección Longitudinal Propuesta 7.....	96
Figura 110. Acercamiento de Detalle Propuesta 7.....	97
Figura 111. Detalle de Tipología Propuesta 7.....	98
Figura 112. Resultados de Temperatura Superficial Interior diferentes combinaciones de materiales en Propuesta 7.....	98
Figura 113. Grafica de Resultados Temperatura Superficial Interior cielo falso Placas Fibrocemento Propuesta 7.....	98
Figura 114. Grafica de Resultados Temperatura Superficial Interior cielo falso de Placas de Yeso Propuesta 7.....	99
Figura 115. Propuesta en 3 dimensiones Propuesta 7.....	99
Figura 116. Sistema Constructivo Detalle Propuesta 7.....	99
Figura 117. Presupuesto para cada una de las opciones de cubiertas existentes en El Salvador...	105
Figura 118. Presupuesto para cada una de las opciones de cubiertas existentes en El Salvador...	106

Figura 119. Presupuesto para cada una de las opciones de cubiertas existentes en El Salvador...	106
Figura 120. Grafica Comparativa de las propuestas de Cubierta de Chapa Metálica con acabado Natural.....	110
Figura 121. Calculadora de Confort Térmico en base a norma ISO 7730-1993.....	110
Figura 122. Sistema de Paneles de Falso Techo Radiantes.....	120

INDICE DE TABLAS

Tabla 1. Comparación de Cubiertas Propuestas versus Existentes en relación a Temperatura Superficial Interior.....	100
Tabla 2. Comparación de la Temperatura Interior y Temperatura Superficial Interior con relación al confort.....	104
Tabla 3. Comparación de Propuestas en relación al Porcentaje de Insatisfechos versus Coste Económico/m ²	107
Tabla 4. Comparación de las propuestas de Cubierta de Chapa Metálica con acabado Natural...	109

INDICE DE ANEXOS

Anexo 1: Utilización de la Cubierta Existente con la Inclusión de una Cámara Ventilada sin Aislamiento. (Para cada material de recubrimiento de cubierta).....	117
Anexo 2: Utilización de la Cubierta Existente con la Inclusión de una Cámara Ventilada con Aislamiento. (Para cada material de recubrimiento de cubierta).....	117
Anexo 3: Cálculos para Cubiertas con Lamina Reflejante; de tipo Ventilada y No Ventilada con Aislamiento. (Para cada material de recubrimiento de cubierta).....	118
Anexo 4: Calculo de Temperatura Superficial Exterior para Cubiertas con Lamina Reflejante (Para cada material de recubrimiento de cubierta).....	118
Anexo 5: Cálculos para Cubiertas con Lamina Reflejante; de Tipo Ventilada y No Ventilada, con Aislamiento. (Para cada material de recubrimiento de cubierta).....	119
Anexo 6. Nuevas Tecnologías: Falsos Techos Radiantes.....	119

Capítulo I

- 1.1 INTRODUCCION
- 1.2 METODOLOGIA
- 1.3 OBJETIVOS

1.1 INTRODUCCION

El Salvador es un país caracterizado por tener una variedad de climas, siendo el referente el clima cálido, tanto de carácter seco como húmedo dependiendo de la ubicación geográfica en el mismo. Igualmente, la ubicación geográfica del país la cual tiene proximidad al ecuador hace que los rayos solares incidan en ángulos con mayor referencia a la vertical, por consiguiente la cubierta se vuelve un paramento de mucha importancia al momento de diseñar un proyecto.

Las estrategias tanto de protección como de captación solar para la envolvente del edificio es un requisito imprescindible para poder lograr tanto el confort térmico como la eficiencia energética dependiendo del clima al cual se enfrenten.

El confort térmico en la edificación es un punto sumamente importante que los diseñadores tienen que tomar en cuenta al momento de plantarse la concepción de los diferentes proyectos sin importar el tipo de uso que estos tendrán para que de esta manera, las actividades humanas se desarrollen satisfactoriamente en el interior de dichos espacios.

Ahora en día, en la construcción actual de viviendas de carácter social en la mayoría del territorio salvadoreño son muy pocos los proyectos los cuales toman en consideración dicho confort, lo cual lleva a que los ocupantes continuamente se quejen de las condiciones a las cuales son sometidos en el interior de dichas viviendas.

Evitar el calentamiento como la entrada excesiva de luz solar en las edificaciones es ineludible en las estaciones con un alto índice de radiación solar en los climas templados pero es un punto crítico para el diseño arquitectónico en los climas cálidos ya que de no tomarse en cuenta este factor puede llevar a provocar discomfort en los ocupantes. Dicho discomfort va eternamente asociado a las distintas estrategias de diseño que se toman a la hora de conformar los proyectos, las cuales generalmente en el país son escasas sino nulas basándose únicamente en sistemas pasivos como por ejemplo ventilación cruzada, correcta orientación, etc. Sin embargo estas estrategias no se ven apoyadas con el adecuado uso de materiales para mejorar las condiciones internas de confort. Los sistemas activos no representan una opción viable económicamente en el diseño debido a la tipología de vivienda a la cual se hace hincapié, sin embargo con la inclusión de nuevas estrategias pasivas en el diseño se podría mejorar considerablemente las condiciones internas.

Además de esto la construcción convencional de las viviendas de interés social está caracterizada por utilizar materiales que favorecen a que el porcentaje de insatisfacción aumente en ellas, ya que se utilizan productos que se calientan rápidamente y que comienzan a ceder calor al interior de los espacios, en los cuales generalmente no se incluyen ningún tipo de aislamiento para tratar de contrarrestar dicho efecto. Debido a esta continua y repetitiva forma de diseño, ha llevado a que los habitantes de los mismos busquen formas alternativas para poder mejorar las condiciones internas, utilizando sistemas activos como pasivos como por ejemplo ventiladores, medios para evitar la entrada de radiación solar directa a la vivienda a través de protecciones solares de ventanas como lo serian cortinas, persianas, etc.

En el caso de las cubiertas, el cual debido a nuestra ubicación, es el paramento que más afectado se ve por la radiación solar y sobre el cual se deben de concentrar las distintas estrategias de diseño, ya que en esta tendrán un impacto más notorio y conllevaran a mejorar notablemente las condiciones de confort.

Actualmente en El Salvador el crecimiento poblacional se encuentra en ascenso, día a día es mayor el número de personas que demandan una vivienda digna que solvante todos los requerimientos para que se desarrollen satisfactoriamente las actividades que en estas se realizan, dicha necesidad ha llevado como consecuencia un aumento en el déficit habitacional, siendo de momento de más de 360,000 viviendas entre carácter cualitativo como cuantitativo, concentrándose más del 70% del mismo, en los departamentos donde mayor índice poblacional existe, por ende los más propensos a que en ellos se desarrollen la mayor cantidad de proyectos de construcción de viviendas.

Debido a esta problemática surge la iniciativa de plantear nuevas estrategias de diseño, dichas estrategias tendrán un especial interés a mejorar el paramento que más afectado se ve por las condiciones climáticas del lugar, para de esta manera mejorar las condiciones de confort a las cuales son expuestos los habitantes en dichas viviendas

1.2 METODOLOGIA DE LA INVESTIGACION

En el ámbito de construcción de vivienda social en El Salvador a lo largo de los últimos años al momento de realizar los procedimientos de diseño, se ha podido observar una despreocupación por las condiciones de confort que en el interior se experimentan, a esto sumándole las condiciones climáticas del lugar, ha llevado como resultante un elevado porcentaje de personas las cuales experimentan disconfort térmico al momento de hacer uso de dichas edificaciones.

La ubicación geográfica junto con las condiciones climáticas muestran como la incidencia solar posee niveles altos de radiación, con ángulos poco inclinados a lo largo del año, por lo cual el paramento que más afectado se ve es la cubierta, debido a esto será el punto de enfoque sobre el cual se llevará a cabo la presente investigación.

La cubierta es uno de los paramentos en los cuales al momento de intervenirla, se logra una mejora sustancial en las condiciones de confort climáticas al interior de las edificaciones, ya que dependiendo del tipo de intervención a realizar, se puede lograr reducir en gran parte el flujo de calor total entre la envolvente de la cubierta y el espacio interior en contacto con las persona.

A partir de esto se realizará la investigación de la siguiente manera:

- Recopilación y análisis de información bibliográfica sobre el comportamiento de las cubiertas, así como estrategias para reducir el calentamiento en las mismas a partir de información disponible en bases de datos: tesis, artículos, publicaciones, libros, revistas, etc.
- Estudio de las condiciones climáticas adecuadas en el interior de las edificaciones en relación con el clima cálido seco que predomina en el lugar para así determinar las condiciones necesarias para lograr mejorar el porcentaje de personas satisfechas con las condiciones a proponer.
- Elaboración de modelos matemáticos de cálculo que permitan la evaluación tanto de las estrategias actuales de cubierta como las nuevas a proponer para así determinar el grado de mejorar y eficiencia de estas.
- Identificación y evaluación de los parámetros de diseño que se utilizan a día de hoy como las nuevas estrategias a implementar para mejorar el comportamiento de las cubiertas para el clima cálido seco.
- Simulación de los modelos propuestos a partir de métodos matemáticos para determinar las distintas condiciones climáticas para la edificación con el uso de hojas de cálculo del programa Excel con el cual se obtendrán resultados con referencia a: Temperatura superficial interior, Temperatura superficial exterior, Temperatura del aire en el interior del recinto, etc.
- Elaboración de gráficas y tablas comparativas del comportamiento de cada uno de las estrategias de cubiertas tanto existentes como propuestas en ámbitos de confort, grado de satisfacción térmica expresada por los ocupantes, coste económico, para así determinar los niveles de eficiencia de cada una de estas

1.3 OBJETIVOS.

- *Objetivo General*

Establecer los parámetros de diseño para ofrecer soluciones constructivas que mejoren el funcionamiento térmico de las viviendas sociales tomando como criterio de evaluación la temperatura radiante media para el clima cálido seco de El Salvador.

- *Objetivos Específicos:*

- 1- Estudio de clima, geografía y métodos de construcción actual en El Salvador para determinar los parámetros a incidir para lograr mejorar las condiciones de confort térmico en las viviendas sociales del país.
- 2- Utilización de la cubierta como paramento principal para lograr mejores condiciones de confort térmico en las viviendas, debido a que este es el paramento que más incidencia solar recibe a lo largo del año en dicha zona geográfica.
- 3- Análisis del paramento de la cubierta y su influencia directa en la temperatura radiante media para así determinar la efectividad tanto de cubiertas actuales como propuestas en ámbitos de confort térmico dentro de los espacios habitados en El Salvador.
- 4- Determinar las condiciones de diseño necesarias para proponer varias soluciones constructivas de cubierta que se adecuen a la construcción y que mejoren los niveles de confort térmico actual en El Salvador.
- 5- Estipular ciertos estándares de confort térmico que contribuyan a mejorar la línea actual de construcción de la vivienda social en El Salvador.
- 6- Comparación a través de gráficas y tablas realizadas a partir de métodos matemáticos de análisis de confort térmico utilizando hojas de cálculo de programa Excel para el clima cálido seco de El Salvador.

Capítulo II

Aspectos Climáticos en El Salvador.

- 2.1 GENERALES
- 2.2 CLIMA
- 2.3 PRECIPITACIONES
- 2.4 HUMEDAD DEL AIRE
- 2.5 SISMOLOGIA
- 2.6 RADIACION SOLAR
- 2.7 BRILLO SOLAR
- 2.8 VIENTOS
- 2.9 CICLONES TROPICALES
- 2.10 VULCANOLOGIA

2.1 GENERALES

La República de El Salvador, es un país localizado en América Central, con una latitud de 13° 9'N / 14° 26'N y una longitud de 87° 43'O / 90° 08'O. Además está situado en la parte norte del cinturón tropical de la Tierra, es decir, dentro del cinturón tropical comprendido entre el trópico de Cáncer (23° N) y el ecuador, que se caracteriza por un alto grado de potencial solar.

Posee una población estimada de 6, 279,783 habitantes y al compararla con su extensión territorial la cual es de 20,742 km² le convierte en el país con la densidad poblacional más alta de América continental con 290 habitantes/km².

El Salvador limita al norte y al este con Honduras, la frontera que divide ambas naciones tiene una longitud de 342 km, además limita al sureste con el Golfo de Fonseca, al sur con el océano Pacífico y al oeste con Guatemala dicha frontera con tiene una longitud de 203 km. Las islas de El Salvador están en el golfo de Fonseca, el cual pertenece al departamento de La Unión en la zona oriental del país; a pesar de contar con muchas islas, la principal de ellas y de mayor área es la isla de Meanguera.

Su territorio está organizado en 14 departamentos cada uno de estos tiene su capital o ciudad más importante así mismo estos departamentos están compuesto por municipios, en total el país está dividido en 262 municipios. La capital de El Salvador es la ciudad de San Salvador, que es la ciudad más grande del país sin embargo se pueden mencionar otra ciudades importantes dentro del territorio como lo son Santa Ana en la zona occidental y San Miguel en la zona oriental. La divisa nacional es el Dólar Americano, el cual se comenzó a utilizar desde el año 2001, anteriormente la moneda que circulaba en el país era el Colon.

Los 14 departamentos están agrupados en tres zonas:

Zona Occidental:

1. Ahuachapán, capital Ahuachapán.
2. Santa Ana, capital Santa Ana
3. Sonsonate, capital Sonsonate

Zona Paracentral:

4. Cabañas, capital Sensuntepeque
5. Chalatenango, capital Chalatenango
6. Cuscatlán, capital Cojutepeque
7. La Libertad, capital Santa Tecla
8. La Paz, capital Zacatecoluca
9. San Salvador, capital San Salvador
10. San Vicente, capital San Vicente

Zona Oriental:

11. La Unión, capital La Unión
12. Morazán, capital San Francisco Gotera
13. San Miguel, capital San Miguel
14. Usulután, capital Usulután



Figura 1. Mapa de El Salvador

Fuente: <http://de.wallpapersma.com/wallpapers/2013/12/El-Salvador-Karte-HD-1440x2560.jpg>

2.2 CLIMA

El Salvador se encuentra situado en la parte exterior del cinturón climático de los trópicos, el cual está situado en una zona climática de tipo tropical y ofrece condiciones térmicas similares durante todo el año. Sin embargo, debido a su franja costera a lo largo del Océano Pacífico, ocurren oscilaciones anuales importantes relacionadas con la lluvia, la brisa marina que se mueven hacia los valles y planicies internas después del mediodía y que lleva consigo humedad y calor.

Parámetros climáticos promedio de San Salvador

Mes	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Anual
Temperatura máxima media (°C)	29	30	31	32	30	28	29	29	28	27	28	28	29
Temperatura media (°C)	22	22	24	24	24	23	23	23	23	22	22	22	24.8
Temperatura mínima media (°C)	15	15	16	17	18	18	17	17	17	17	16	16	16.6
Precipitación total (mm)	5	3	8	60	190	322	304	297	325	220	35	7	1776
Horas de sol	301	274	295	243	220	174	239	257	180	211	267	295	2956

Fuente: climatetemp.info⁹⁷

Figura 2. Parámetros Climáticos Promedio de San Salvador

Fuente: <http://es.wikipedia.org/wiki/ElSalvador>

Diseño y Soluciones constructivas en la envolvente de la vivienda social en El Salvador: Estudio de la repercusión de la temperatura radiante en el confort térmico interior

La temperatura media anual es de 24.8 °C, presentándose la temperatura media más baja en los meses de diciembre (23.8 °C) y enero (23.9 °C), mientras que el mes más cálido es abril (32.0 °C), en los últimos treinta años la temperatura ha aumentado 1.2 °C. La precipitación media anual es de 1776 mm. Otra característica de los trópicos son los vientos Alisios que predominan en la región, dichos vientos proceden del sector Noreste, otro de los vientos que afectan el clima en Centroamérica son los vientos del norte, dichos viento transportan masas de aire fresco a la región lo cual hace que se experimente una disminución en la temperatura, sobre todo en los meses de octubre a diciembre.

En El Salvador se pueden distinguir tres zonas térmicas:

- 1- De 0 a 800 metros, con una temperatura media de 27 a 22 °C en las planicies costeras y de 28 a 22 °C en las planicies internas.
- 2- De 800 a 1.200 metros, con una temperatura media de 22 a 20 °C en las planicies altas y de 21 a 19 °C en las faldas de montañas.
- 3- De 1.200 metros a 2,700 metros, con una temperatura media de 21 a 19 °C en faldas de montañas y de 16 a 10 °C en los valles y hondonadas por encima de los 1.800 metros.

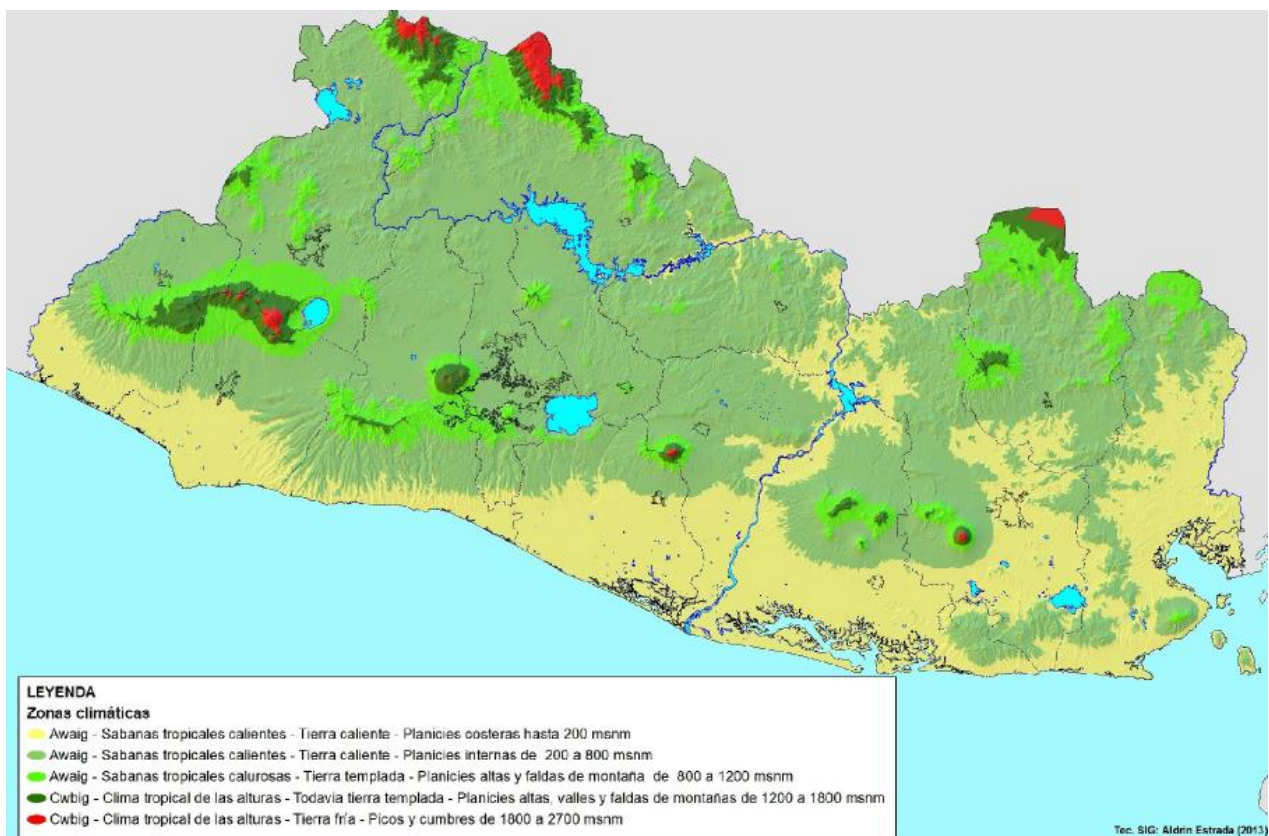


Figura 3. Mapa de Zona Climáticas de El Salvador

Fuente: <http://www.marn.sv/documentos/clima/climatico-anual.pdf>

Así mismo el país se divide en cinco zonas climáticas:

- 1- Regiones costeras: clima caluroso, con temperaturas de entre 30 a 31°C.
- 2- Pequeñas mesetas (a menos de 500 metros de altitud): clima cálido, con temperaturas de entre 27 y 30°C.
- 3- Sabanas y grandes mesetas situadas hasta 1.000 metros de altitud: clima cálido moderado, con temperaturas de entre 22 a 27°C.
- 4- Laderas montañosas y sierras (cafetales): clima templado, con temperaturas de entre 18 a 22°C.

- 5- Cumbres montañosas y volcánicas (de hasta 2.000 metros): clima frío durante todo el año, con temperaturas medias de hasta 8°C.

Comportamiento Climático en los meses de Octubre, Noviembre y Diciembre.

Octubre: En este mes inicia la transición de la temporada lluviosa a la seca, dado que arriban a Centro América las primeras masas de aire fresco y seco impulsadas con vientos débiles a moderados de 10 a 30 Km/hora. La temperatura diaria promedio es aproximadamente de 24.5 ° C, con humedad relativa de 82 % y rumbo Norte y Noreste del viento predominante.

Noviembre: La estación seca inicia en la mayor parte del país en los primeros días de noviembre, atrasándose hasta unos 15 días o más en el oriente del país. Los vientos pueden alcanzar velocidades hasta de 60 Km/h en zonas montañosas. Este mes se caracteriza por escasa nubosidad, por la ausencia casi absoluta de lluvias y por la disminución gradual de la temperatura. La temperatura y humedad relativa son en promedio, respectivamente, 23 C y 74%; el viento es del Norte.

Diciembre: Este mes se caracteriza por cielos completamente despejados, ambiente fresco y agradable. Además continúan manifestándose vientos con intensidad moderada a fuertes. Durante este mes la temperatura promedio es de 23 °C y la humedad relativa de 69 % y el viento dominante de Norte

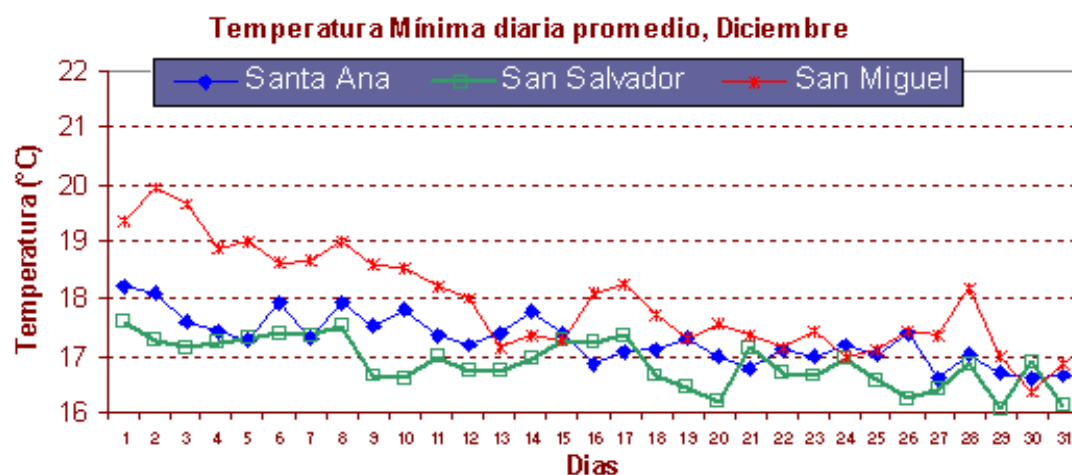


Figura 4. Temperatura Mínima diaria promedio en mes de Diciembre

Fuente: <http://www.snet.gob.sv/meteorologia/climaelsal.htm>

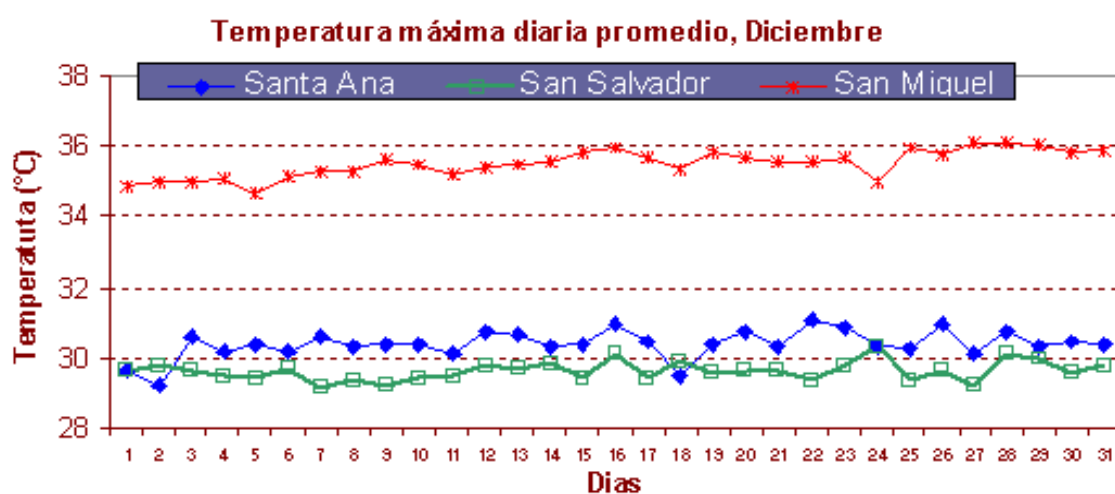


Figura 5 Temperatura Máxima diaria promedio en mes de Diciembre

Fuente: <http://www.snet.gob.sv/meteorologia/climaelsal.html>

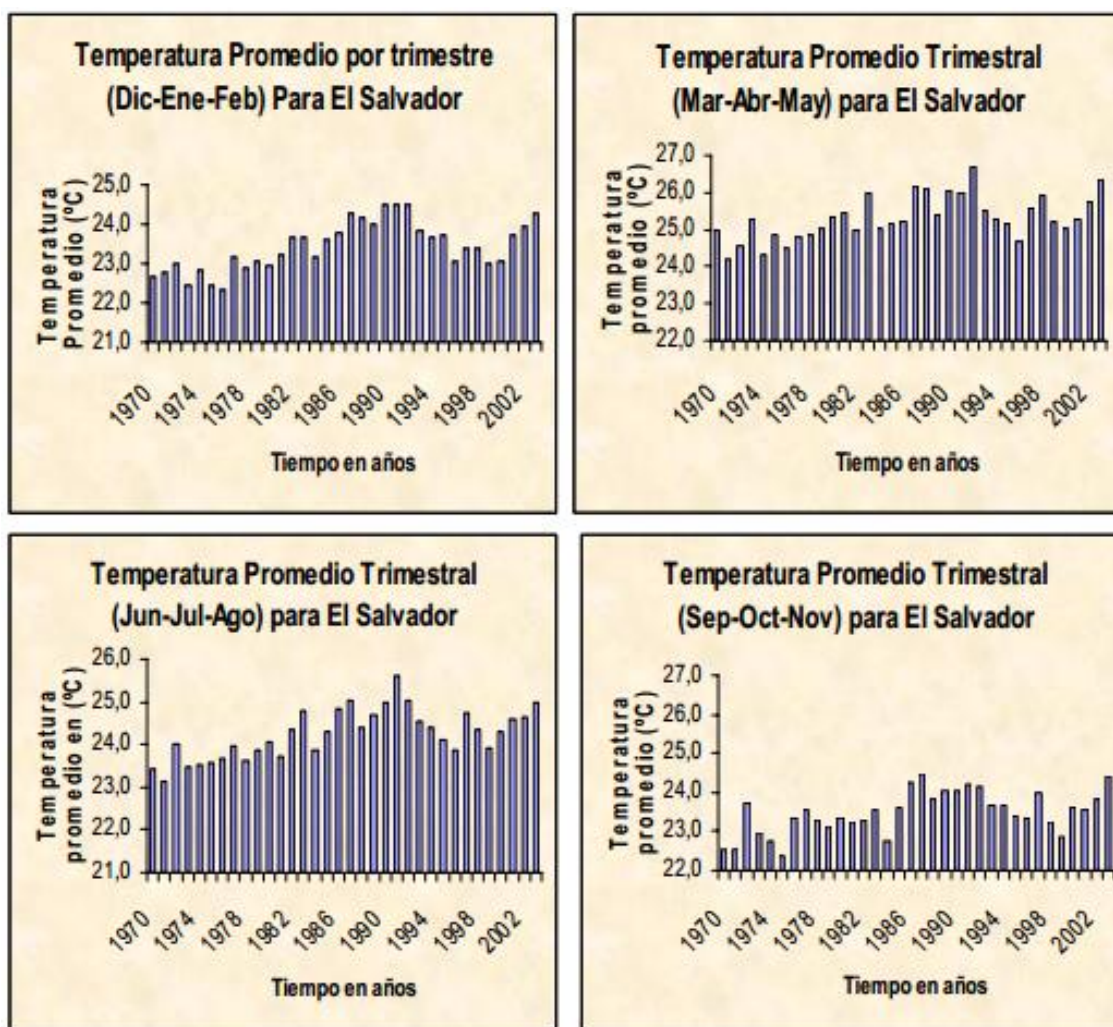


Figura 6. Temperatura Promedio por Trimestres para El Salvador

Fuente: http://www.cic.ues.edu.sv/REVISTA_CICUES_MINERVA/articulos/Ciencias%20Exactas/Tendencias%20del%20Clima.pdf

2.3 PRECIPITACIONES

El Salvador tiene dos estaciones claramente marcadas entre las cuales se pueden mencionar: la seca, la cual tiene un periodo de duración de los meses de noviembre a abril y la lluviosa, la cual está comprendida del mes de mayo a octubre, dándose los típicos máximos en la actividad lluviosa unas semanas después del paso del sol sobre el cenit. Además, el país se ve afectado por la estación de huracanes del Caribe que abarca los meses de junio a noviembre. Las frecuentes tormentas tropicales aumentan el caudal de los ríos locales, afectando algunas de las áreas con inundaciones. Entre los huracanes más destructivos que han afectado a El Salvador se pueden mencionar: Fifi (1974), Cesar-Douglas (1996), Mitch (1998), Stan (2005) y Barbara (2013).

El Huracán Ida y una baja presión en noviembre de 2009 registró una lluvia de 522 mm en solo cuatro horas, en el año 2010 Agatha afectó en el mes de mayo generando una acumulación de agua de 574 mm y en el año 2011 la depresión tropical Doce-E dejó acumulados más de 1200 mm en 5 días.

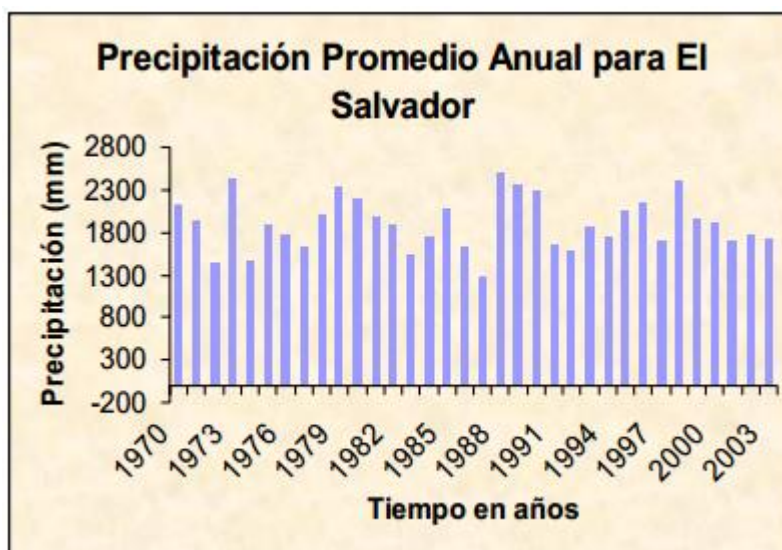


Figura.7 Precipitación Promedio Anual para El Salvador

Fuente: http://www.cic.ues.edu.sv/REVISTA_CICUES_MINERVA/articulos/Ciencias%20Exactas/Tendencias%20del%20Clima.pdf

2.4 HUMEDAD DEL AIRE

La humedad del aire se debe al vapor de agua que se encuentra presente en la atmósfera. El vapor procede de la evaporación de océanos, ríos, lagos, plantas y otros seres vivos. La cantidad de vapor de agua que puede absorber el aire depende de su temperatura. El aire caliente admite más vapor de agua que el aire frío. Una forma de medir la humedad atmosférica es mediante el higrómetro.

El vapor de agua tiene una densidad menor que el aire, luego el aire húmedo (mezcla de aire y vapor) es menos denso que el aire seco. Además, las sustancias, al calentarse, dilatan, luego tienen menor densidad. El aire caliente que contiene vapor de agua se eleva en la atmósfera.

La temperatura de la atmósfera disminuye una media de 0,6 °C cada 100 m en adiabática húmeda, y 1,0 °C, en adiabática seca. Al llegar a zonas más frías el vapor de agua se condensa y forma las nubes (de gotas de agua o cristales de hielo). Cuando estas gotas de agua o cristales de hielo pesan demasiado caen y originan las precipitaciones en forma de lluvia o nieve

PARAMETROS	Estacion	día/mes/año	2011	Promedio Normal	Variacion
Temperatura media prom anual (°C)	25 estaciones	anual	23.6	23.5	0.1
Temperatura maxima prom anual (°C)	25 estaciones	anual	30.7	30.5	0.2
Temperatura minima prom anual (°C)	25 estaciones	anual	19.0	18.8	0.2
Humedad relativa prom anual (%)	25 estaciones	anual	75	74	1
Acumulado de lluvia prom anual en mm	25 estaciones	anual	1776	1807	-31

Figura 8. Tabla Resumen Promedio climatológicos para año 2011

Fuente: <http://www.marn.sv/documentos/clima/climatico-anual.pdf>

2.5 SISMOLOGIA

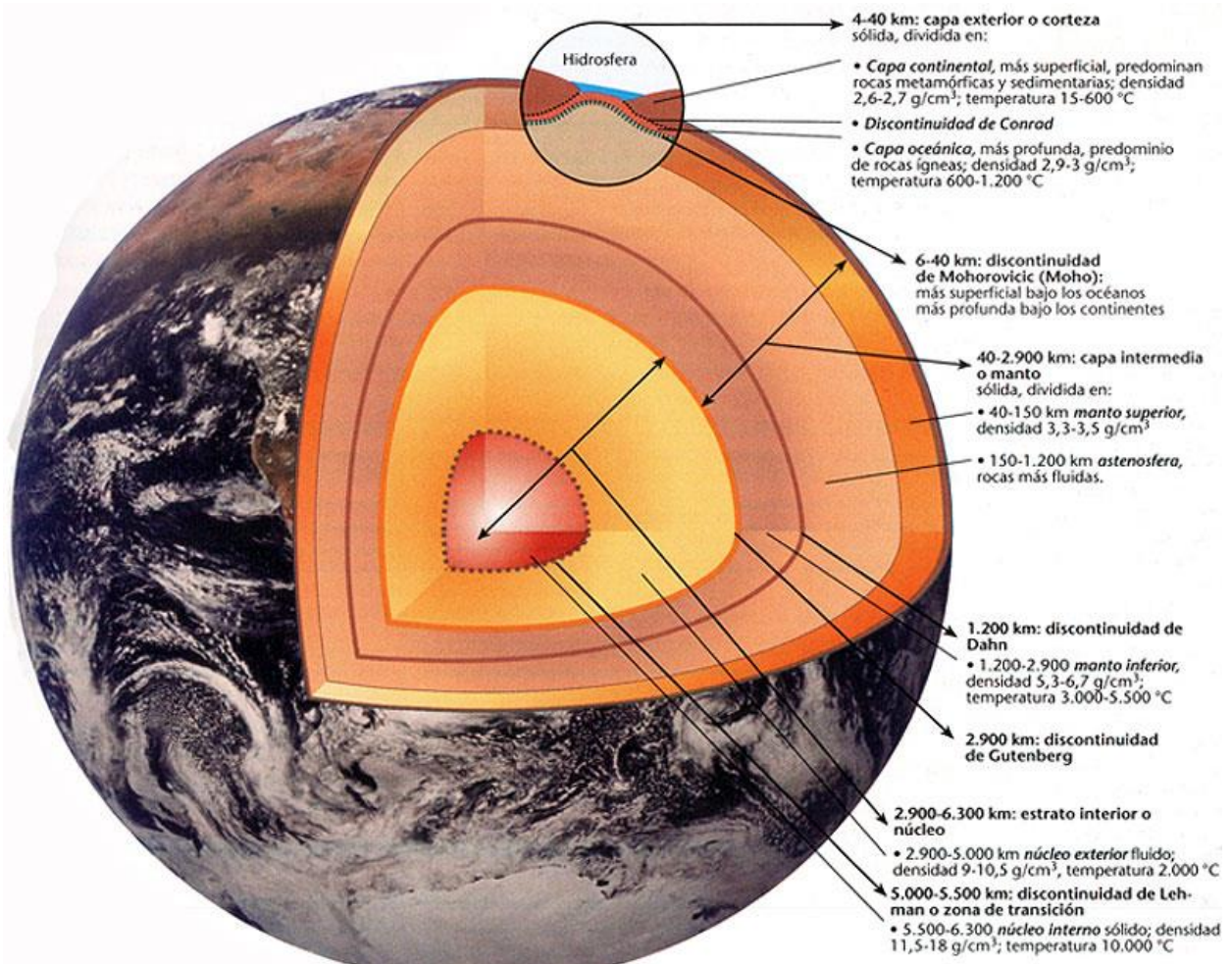


Figura 9. Capas de la Corteza Terrestre

Fuente: http://www.explicame-evolucion.com/wp-content/uploads/2012/11/nucleo_tierra.jpg

Planeta Tierra está formado por tres capas: la corteza, el manto y el núcleo; La corteza es la parte sólida de la Tierra, el manto se conoce como roca derretida y finalmente el núcleo es donde se incrementa toda la temperatura, presión y densidad.

La Teoría de las Placas Tectónicas, explica que la corteza terrestre está conformada por varias placas rígidas, las cuales contienen anclados los continentes. Dichas placas litosféricas se desplazan constantemente sobre el manto, entrando en contacto entre sí y provocando fenómenos naturales diversos, como: volcanes en erupción, sismos y maremotos. Un sismo, seísmo o terremoto es un temblor violento de la corteza terrestre causado por una actividad subterránea, generalmente, un desplazamiento de las placas que forman la corteza terrestre.

Los temblores producidos en la corteza terrestre son consecuencia de la liberación repentina de energía en el interior de la Tierra. Esta energía se transmite a la superficie en forma de ondas sísmicas que se propagan en todas las direcciones.

El punto en que se origina el terremoto se llama foco o hipocentro, y se puede situar a un máximo de unos 700 km hacia el interior terrestre. El epicentro es el punto de la superficie terrestre más próximo al foco del terremoto.

Las vibraciones pueden oscilar desde las que apenas son apreciables hasta las que alcanzan carácter catastrófico.



Figura 10. Distribución Superficial de las Placas Litosféricas

Fuente: <http://1.bp.blogspot.com/OmZSWI9WiLQ/TuKR9JXyHII/AAAAAAAABGc/IPYuF3ghPyQ/s640/untitled.png>

Dependiendo de la interacción de las placas tectónicas y de su movimiento se pueden provocar diferentes tipos de fallas tectónicas entre las cuales se pueden mencionar:

Los llamados bordes divergentes son aquellos donde las placas tectónicas se alejan y estos se caracterizan por tener magma o lava provocando un vulcanismo activo y creando en otros casos las fosas marinas. En el momento en que dos placas se acercan provocan los bordes convergentes o destructivos, pues producen la destrucción de la corteza terrestre.

Los bordes transformantes son aquellos donde las placas además de chocarse, una de ellas se hunde, provocando subducción con la producción de magma y de esta forma el vulcanismo se activa, además se generan presiones que al liberarse provocan terremotos y la aparición de las cordilleras.

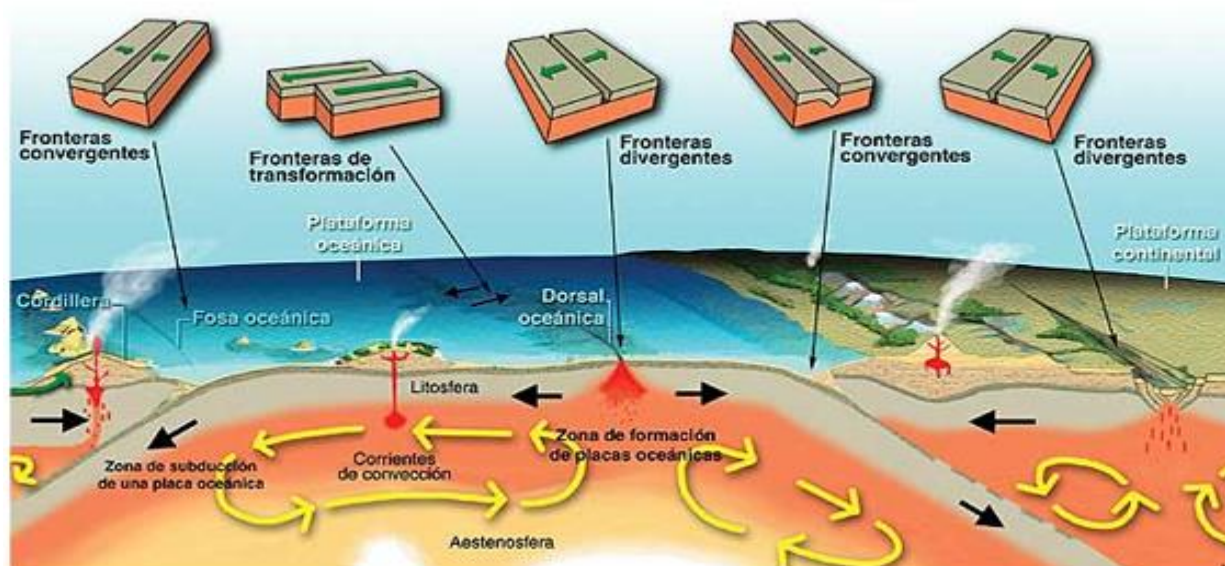


Figura 11. Movimiento de las Placas Tectónicas

Fuente:http://1.bp.blogspot.com/25Zr4XihGIw/Uq2Ls_Q13rI/AAAAAAAAABg/w8WBhwbxRcl/s640/placas-tectonicas-movimiento.jpg

El Salvador se encuentra en el cinturón de Fuego del Pacífico y su territorio volcánico es muy activo, estando el 90 % de su suelo conformado por materiales volcánicos. El número de volcanes individuales es de veintitrés, aunque solo cuatro de ellos (Santa Ana, San Salvador, San Miguel e Izalco) han tenido actividad continuada. Por otra parte, la erupción del volcán de Ilopango en el año 260 d.C., ha sido una de las más grandes de la región centroamericana.

El Salvador debido a su cadena volcánica, su ubicación en un sistema de fallas geológicas y el proceso de subducción entre las placas tectónicas de Cocos y el Caribe, se le encuentra en una región de alto índice de actividad sísmica. Un total de 55 terremotos han ocurrido entre 1573 y 2001, y se estima que un 70 % del territorio puede verse afectado por la ocurrencia de un evento de esta naturaleza. El número de víctimas desde los años 1980 se ha incrementado, situación que se adjudica a la presión demográfica, los tipos de construcción de las viviendas y edificios, y la profundidad y distancia del epicentro a las zonas pobladas.

2.6 RADIACION SOLAR

La radiación solar promedio en El Salvador tiene un valor que oscila en el intervalo de 5.0 KWh/m² y 6.5 KWh/m² para tener un promedio de 5.8 KWh/m², además se cuenta con 6.8 horas de sol promedio al día. En la región central del área metropolitana de El Salvador la irradiación solar es alta siendo de 5.3 kWh/m²/día.

De manera general se puede mencionar que durante los meses de diciembre, enero y febrero, la incidencia de los rayos solares se encuentra orientada hacia el sur y también es característico de estos meses que por la falta de nubosidad (sistemas de alta presión) por encontrarse la tierra más cerca del sol, la radiación solar es más directa que en las otras épocas del año.

Durante los meses de Marzo y Abril, la atmósfera se encuentra bastante contaminada por diferentes causas antropogénicas, por lo tanto existe mayor dispersión y absorción de radiación solar. En el transcurso de la época lluviosa de Mayo a Octubre ya existe abundante nubosidad que obstaculiza el paso de los rayos solares principalmente en los meses de Junio y Septiembre que son los más lluviosos.

Diseño y Soluciones constructivas en la envolvente de la vivienda social en El Salvador: Estudio de la repercusión de la temperatura radiante en el confort térmico interior

Promedio de radiación solar en 10 diferentes estaciones ubicadas en distintos puntos del territorio.

Nomenclatura de las estaciones:

<i>Código</i>	<i>Estación</i>	<i>Departamento</i>
A31	Montecristo	Santa Ana
H8	Ahuachapan	Ahuachapan
G3	Nueva Concepción	Chalatenango
G13	Las Pilas	Chalatenango
S5	Observatorio	San Salvador
S27	Estación Matriz	San Salvador
Z4	La Galera	Morazan
N15	La Unión	La Unión

Figura 12. Identificación de estaciones según código.

Fuente: http://cef.uca.edu.sv/descargables/proyectos/UCASolarAssessment_es_206.pdf

Registros de radiación solar (Promedios mensuales en KWh/m²/día).

- Periodo comprendido entre 1957-1984
(Valor promedio por mes expresado en Kwh/m²)

Estación	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
a31	4,5	4,8	4,8	4,2	3,5	3,5	4,7	4,0	3,3	3,8	4,2	4,2
g13	3,9	4,1	4,5	4,3	3,8	3,7	4,1	4,2	3,3	3,6	3,4	3,5
g3	4,8	5,3	5,6	5,5	5,0	5,1	5,4	5,4	5,0	5,0	4,8	4,6
h8	5,1	5,5	5,8	5,6	5,2	4,9	5,6	5,3	4,6	4,8	4,9	4,8
n15	4,8	5,2	5,5	5,3	4,8	5,0	5,3	5,2	4,8	4,7	4,6	4,6
s27	5,0	5,5	6,1	5,8	5,2	5,2	5,9	5,6	4,9	4,8	5,0	4,8
s5	4,8	5,2	5,4	5,4	4,7	5,0	5,5	5,1	4,6	4,6	4,7	4,7
u11	4,9	5,4	5,5	5,2	4,8	4,8	5,4	5,4	5,0	4,8	4,8	4,7
v13	4,6	5,2	5,3	5,1	4,8	4,7	5,1	5,1	4,6	4,5	4,6	4,4
z4	4,3	4,8	5,1	4,5	4,1	4,0	4,5	4,3	3,5	3,7	3,7	3,9

Figura 13. Registro de Radiación Solar para periodo entre 1957-1984

Fuente: http://cef.uca.edu.sv/descargables/proyectos/UCASolarAssessment_es_206.pdf

Diseño y Soluciones constructivas en la envolvente de la vivienda social en El Salvador: Estudio de la repercusión de la temperatura radiante en el confort térmico interior

- Periodo comprendido entre 1984 - 2002
(Valor promedio por mes expresado en Kwh/m²)

Estación	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
a31	4.9	5.2	5.0	4.5	3.6	4.1	5.2	4.7	3.8	4.4	4.6	4.6
g13	4.6	5.0	5.6	5.3	5.1	5.0	5.5	5.5	4.8	4.7	4.3	4.3
g3	4.9	5.4	5.7	5.5	5.2	5.2	5.4	5.4	5.0	4.9	4.7	4.6
h8	5.0	5.4	5.7	5.5	5.0	4.7	5.2	5.0	4.3	4.5	4.6	4.5
n15	4.7	5.1	5.4	5.3	4.8	5.0	5.2	5.2	4.8	4.7	4.5	4.4
s27	5.1	5.6	6.2	5.9	5.2	5.3	5.9	5.6	4.9	4.8	5.0	4.8
s5	4.9	5.4	5.7	5.4	4.9	5.1	5.5	5.2	4.6	4.8	4.8	4.8
u11	4.9	5.4	5.5	5.2	4.8	4.8	5.4	5.4	5.0	4.8	4.8	4.7
v13	4.6	5.2	5.3	5.1	4.8	4.7	5.1	5.1	4.6	4.5	4.6	4.4
z4	4.4	4.9	5.1	4.8	4.1	4.0	4.5	4.3	3.5	3.7	3.7	3.9

Figura 14. Registro de Radiación Solar para periodo entre 1984-2002

Fuente: http://cef.uca.edu.sv/descargables/proyectos/UCASolarAssessment_es_206.pdf

2.7 BRILLO SOLAR

La duración del brillo solar o heliofanía en horas, representa el tiempo total durante el cual incide luz solar directa sobre alguna localidad, entre el alba y el atardecer. El total de horas de brillo solar de un lugar es uno de los factores que determinan el clima de esa localidad. Este elemento meteorológico es importante en casi todas las formas de actividad y empresas humanas. Sectores como el agrícola, forestal, turismo, construcción, deportes y energía, dependen y planifican aspectos del cumplimiento de sus programas y actividades futuras sobre la perspectiva de disponer de suficiente horas de brillo solar durante el día.

El conocimiento adecuado del régimen de brillo solar permite, estimar características cuantitativas de la nubosidad y radiación solar de forma que se pueda tener una idea sobre la disponibilidad luz del sol para el aprovechamiento de la energía solar en el país.

El Heliofanógrafo es el instrumento que permite medir la duración del brillo solar, es una esfera de cristal que concentra los rayos solares y quema una faja subdividida en intervalos de tiempo, a medida que la inclinación del sol va variando, va quemando la faja, al disminuir la intensidad del brillo solar, ya sea por nubosidad u otras razones, la faja deja de quemarse. Esto permite obtener un registro de las horas de sol que se tienen en el día.

Diseño y Soluciones constructivas en la envolvente de la vivienda social en El Salvador: Estudio de la repercusión de la temperatura radiante en el confort térmico interior

Registros de brillo solar (Promedios mensuales en horas de luz solar).

- Periodo comprendido entre 1957-1984

Estación	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
a18	7,0	7,9	8,3	7,5	5,5	4,7	6,7	6,0	4,5	4,6	5,5	5,9
a31	8,8	8,5	8,1	6,7	5,3	4,6	7,0	5,9	4,2	6,0	7,7	8,3
a35	7,6	7,3	7,0	5,7	4,9	4,6	7,7	7,0	4,5	5,1	7,0	7,4
b10	8,9	8,9	9,5	8,3	7,1	6,7	8,1	7,9	6,4	7,3	8,3	8,8
g3	9,1	9,6	9,2	8,5	7,5	6,8	7,9	7,4	6,3	7,3	8,2	8,1
h8	9,5	9,7	9,6	9,0	7,5	6,7	8,3	7,4	5,9	7,1	8,6	9,4
l4	9,1	9,1	8,7	7,9	6,9	6,3	8,1	7,4	5,8	6,6	8,2	8,9
l8	9,8	9,8	9,5	8,1	6,7	6,0	8,0	7,4	5,9	6,6	8,6	9,5
m18	9,6	10,0	9,7	8,6	7,3	7,0	8,3	7,6	6,3	7,0	8,4	9,2
m23	8,0	8,6	8,4	6,2	4,5	4,7	7,2	6,6	5,3	5,5	6,9	7,0
m6	9,4	9,8	9,7	8,9	7,7	7,3	8,6	8,6	7,2	7,8	8,5	9,3
n15	9,8	10,0	9,7	8,9	7,4	7,4	8,8	8,5	7,2	8,1	9,1	9,7
s27	8,9	9,6	9,6	8,6	6,8	6,3	8,3	7,9	6,2	7,0	8,5	8,5
s5	9,0	8,7	9,1	7,4	5,5	5,5	7,6	7,3	5,6	7,2	8,3	8,9
t6	9,8	9,9	9,6	8,6	7,3	6,8	8,2	7,7	6,7	7,3	8,9	9,4
u11	9,7	10,0	9,7	8,7	7,0	6,8	8,1	8,2	7,0	7,3	8,9	9,5
u6	9,2	9,4	9,1	7,9	6,4	5,6	7,8	7,4	5,5	6,3	8,0	9,0
v13	9,8	10,0	9,5	8,5	6,9	6,5	8,1	8,0	6,6	7,2	8,9	9,7
v6	9,5	9,8	9,5	8,5	7,4	6,9	8,3	8,2	6,8	7,4	8,5	9,4
z2	9,4	9,8	9,4	8,5	7,0	7,0	8,2	8,0	6,9	7,6	8,6	9,2
z4	7,0	7,9	7,9	7,1	5,6	5,1	7,1	6,2	4,6	4,7	5,7	6,2

Figura 15. Registro de Brillo Solar para periodo entre 1957-1984

Fuente: http://cef.uca.edu.sv/descargables/proyectos/UCASolarAssessment_es_206.pdf

- Periodo comprendido entre 1984 - 2002 (Promedios mensuales en horas de luz solar).

Estación	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
a18	6.9	7.8	8.2	7.6	5.5	4.7	6.7	6.0	4.3	4.6	5.4	5.8
a31	8.7	8.5	8.1	7.1	5.0	4.8	6.7	6.2	4.0	5.9	7.7	8.0
a35	7.7	7.5	6.9	5.9	5.1	4.7	7.6	7.2	4.6	5.2	7.0	7.5
b10	8.9	9.0	9.4	8.5	7.0	6.7	8.1	8.0	6.2	7.3	8.3	8.7
g13	8.2	8.0	8.6	7.6	7.1	7.2	8.4	8.2	6.8	7.1	7.1	7.6
g3	9.1	9.6	9.2	8.5	7.5	6.8	7.9	7.4	6.3	7.3	8.2	8.1
h8	9.1	9.4	9.4	9.0	7.4	6.6	8.2	7.4	5.9	7.1	8.6	9.4
l4	9.2	9.2	8.8	8.0	6.8	6.4	8.1	7.4	5.7	6.7	8.3	8.9
l8	9.8	9.8	9.5	8.1	6.7	6.0	8.0	7.4	5.9	6.6	8.6	9.5
m18	9.6	10.0	9.7	8.6	7.3	7.0	8.3	7.6	6.3	7.0	8.4	9.2
m23	8.0	8.6	8.4	6.2	4.5	4.7	7.2	6.6	5.3	5.5	6.9	7.0
m6	9.4	9.8	9.7	8.9	7.7	7.3	8.6	8.6	7.2	7.8	8.5	9.3
n15	9.8	10.0	9.7	8.9	7.4	7.4	8.8	8.5	7.2	8.1	9.1	9.7
s27	8.5	9.1	9.2	8.5	6.4	6.4	8.2	7.7	5.9	6.9	7.9	8.2
s5	9.1	8.7	9.2	7.5	5.6	5.5	7.6	7.3	5.6	7.3	8.3	9.0
t6	9.8	9.9	9.6	8.6	7.3	6.8	8.2	7.7	6.7	7.3	8.9	9.4
u11	9.7	9.9	9.7	8.6	7.0	6.9	8.2	8.2	7.0	7.3	8.9	9.5
u6	9.1	9.4	9.1	7.9	6.5	5.6	7.8	7.5	5.5	6.2	7.9	8.9
v13	9.8	10.0	9.5	8.5	6.9	6.5	8.1	8.0	6.6	7.2	8.9	9.7
v6	9.4	9.7	9.5	8.5	7.4	6.9	8.3	8.2	6.8	7.4	8.5	9.4
z2	9.4	9.8	9.4	8.5	7.0	7.0	8.2	8.0	6.9	7.6	8.6	9.2
z4	7.0	7.9	7.9	7.1	5.6	5.1	7.1	6.2	4.6	4.7	5.7	6.2

Figura 16. Registro de Brillo Solar para periodo entre 1984-2002

Fuente: http://cef.uca.edu.sv/descargables/proyectos/UCASolarAssessment_es_206.pdf

- Mapa de Radiación Solar (Promedio Anual / KWH.M2.Día)

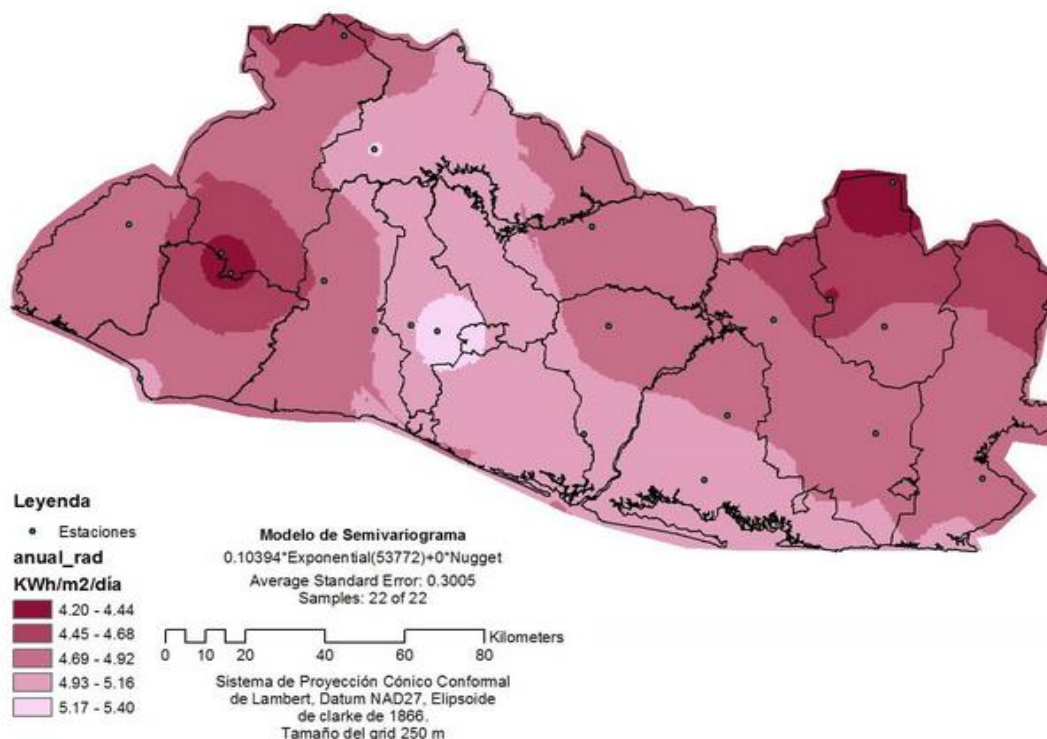


Figura 17. Mapa de Radiación Solar promedio anual de El Salvador

Fuente: http://cef.uca.edu.sv/descargables/proyectos/UCASolarAssessment_es_206.pdf

- Mapa de Brillo Solar (Horas de Luz - Promedio Anual)

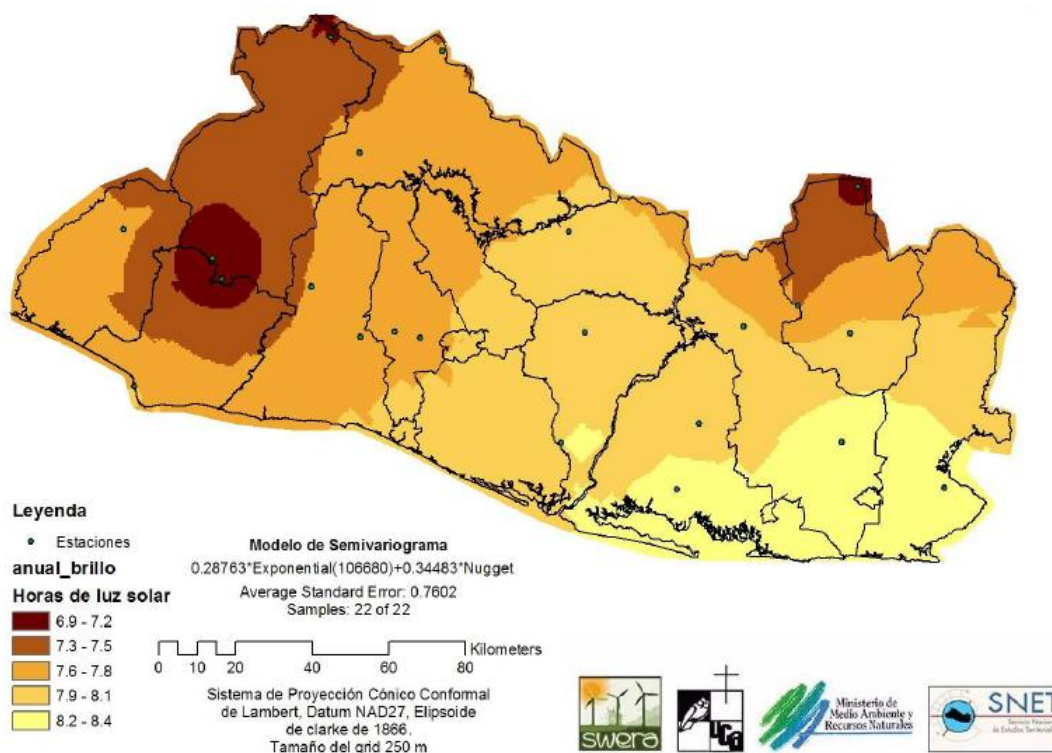


Figura 18. Mapa de Brillo Solar promedio anual de El Salvador

Fuente: http://cef.uca.edu.sv/descargables/proyectos/UCASolarAssessment_es_206.pdf

2.8 VIENTOS

El viento se genera por el calentamiento desigual de la superficie de la tierra realizado por el Sol. Unos de los vientos característicos que azotan a El Salvador son los vientos Alisios, vientos predominantes de rumbo aproximando Noreste y los vientos del Norte, que transportan aire frío procedente del Ártico hacia los trópicos. Se puede observar, también, un buen desarrollo del sistema que lleva aire del mar hacia tierra y sus zonas inmediatas.

El Salvador no cuenta con zonas de altas velocidades de viento; las más altas estarían en la parte central hacia el norte 5-6 m/s, en el resto del país tiene velocidades entre 4-5 m/s con un patrón constante a lo largo del año y un promedio de velocidad de velocidad entre los 1.12 a 3.91 m/s. siendo vientos de tipo ligero. Sin embargo se han llegado a registrar velocidades instantáneas máximas (ráfagas) que están en el rango de 4.5 a 7.8 m/s las cuales se sitúan en un tipo de viento de ligero a moderado.

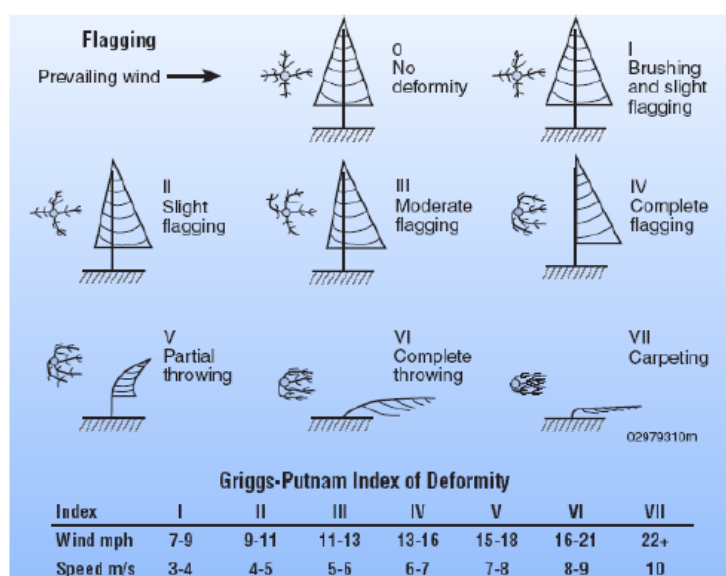


Figura 19. Índice de deformación de vegetación en relación a la velocidad del viento.
Fuente: <http://silverford.com/blog/?p=2849>

Velocidades del viento en m/s	Tipo	Descripción
0.0 - 0.4	0	Calma
0.4 - 1.8	1	Ligero
1.8 - 3.6	2	
3.6 - 5.8	3	
5.8 - 8.5	4	Moderado
8.5 - 11.0	5	Fresco
11.0 - 14.0	6	
14.0 - 17.0	7	
17.0 - 21.0	8	Temporal
21.0 - 25.0	9	
25.0 - 29.0	10	Fuerte temporal
29.0 - 34.0	11	
> 34.0	12	Huracán

Figura 20. Escala de viento Beaufort
Fuente: http://www.aoml.noaa.gov/hrd/tcfaq/D10_esp.html

- Fuerza de Viento Equivalente para Centro América y el Caribe.

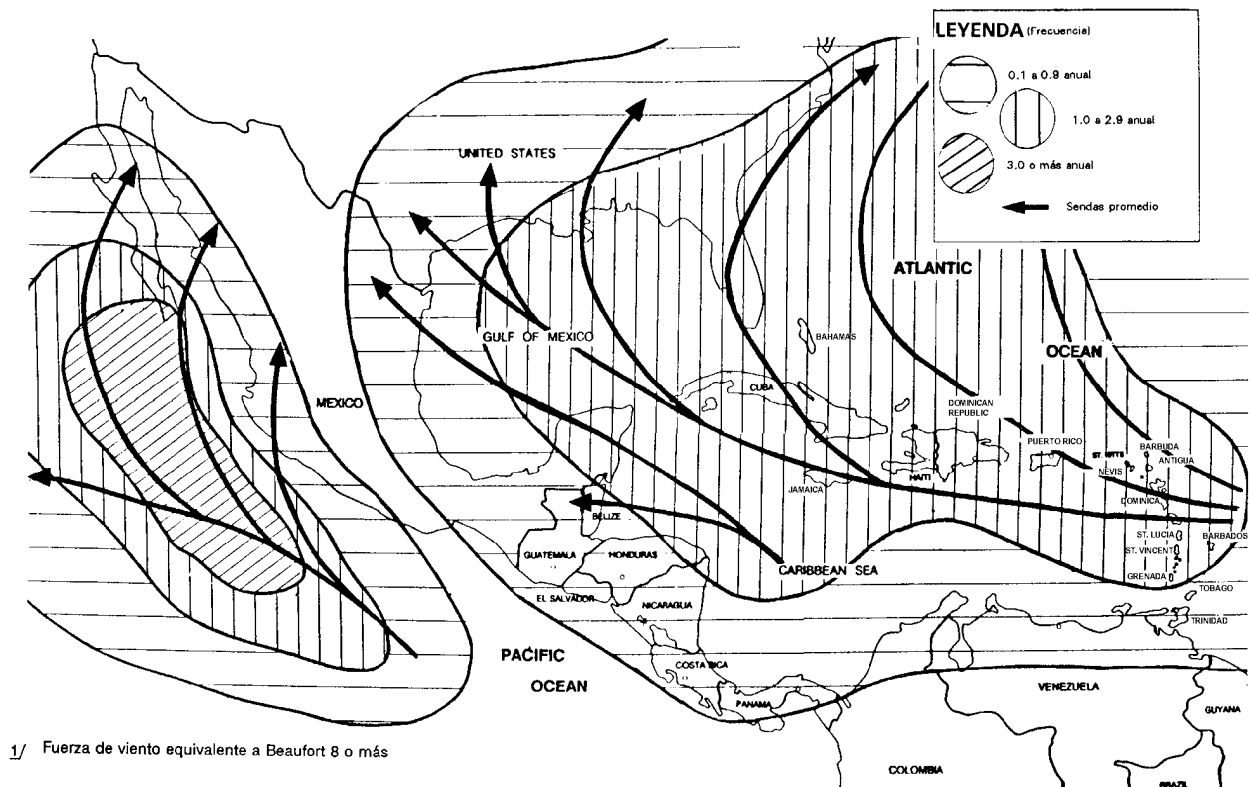


Figura 21. Fuerza de Viento Equivalente para Centro América y el Caribe.
Fuente: <https://www.oas.org/dsd/publications/Unit/oea65s/p371.GIF>

Descripción de los tipos de vientos predominantes en El Salvador:

- Vientos alisios de carácter regional:

El Salvador está sometido a la influencia de los vientos alisios, que constituyen los vientos más constantes de todo el planeta. Estos soplan en la dirección Noreste desde las regiones de altas presiones de las latitudes medias hacia la zona de calmas ecuatoriales o frente intertropical. Estos vientos afectan con mayor intensidad las zonas de mayores alturas del territorio.

- Vientos de carácter local: brisas mar-tierra:

Poseen dos direcciones, la primera se produce en sentido mar-tierra durante el día, debido al gran calentamiento que se opera en la superficie terrestre, que provoca una zona de menor presión. Mientras, sobre la superficie del océano Pacífico, que se encuentra más fría, se genera una zona de mayor presión, lo que provoca que el aire circule en sentido océano-tierra. Estas brisas marinas pueden llegar a penetrar hasta unos 100 Km tierra adentro, llegando hasta el valle medio del Río Lempa. Por la noche se produce el fenómeno contrario, debido a la rápida pérdida del calor del continente, y el mayor calentamiento de la masa de agua del océano.

- Vientos de carácter local: brisas montaña-valles:

Estos vientos poseen dos direcciones en función del momento del día. Durante el día las zonas más altas del país se calientan más rápidamente que los valles y mesetas, por lo que se generan vientos

locales que soplan desde los valles y mesetas hacia las zonas montañosas (brisas del valle), suavizando las temperaturas diurnas de las áreas de mayor altura del país. Cuando llega la noche las zonas altas del país se enfrían rápidamente, mientras que las zonas bajas (valles y mesetas) pierden lentamente el calor acumulado durante el día, por lo que las brisas soplan desde las zonas montañosas hacia los fondos de los valles y mesetas (brisas de montaña), suavizando las temperaturas nocturnas de las zonas bajas.

2.9 CICLONES TROPICALES

Los ciclones tropicales son sistemas de baja presión con actividad lluviosa y eléctrica cuyos vientos rotan en sentido anti-horario en el hemisferio Norte, tienen la particularidad que se alimentan de mecanismos de calor, convirtiéndose en sistemas tormentosos de núcleo cálido.

Los ciclones tropicales están clasificados como:

- 1- Depresión tropical: es un ciclón tropical en donde los vientos son menores o igual a 62 km/h.
- 2- Tormenta tropical: es un ciclón tropical en donde los vientos alcanzan velocidad de 63 a 117 km/h.
- 3- Huracán: es un ciclón tropical con vientos que exceden los 118 km/h o mayor intensidad.
- 4- Huracán Mayor: es un ciclón tropical con vientos que exceden los 179 km/h o mayor, y corresponden a la categoría de 3, 4 o 5 de la Saffir-Simpson Hurricane Wind Scale.

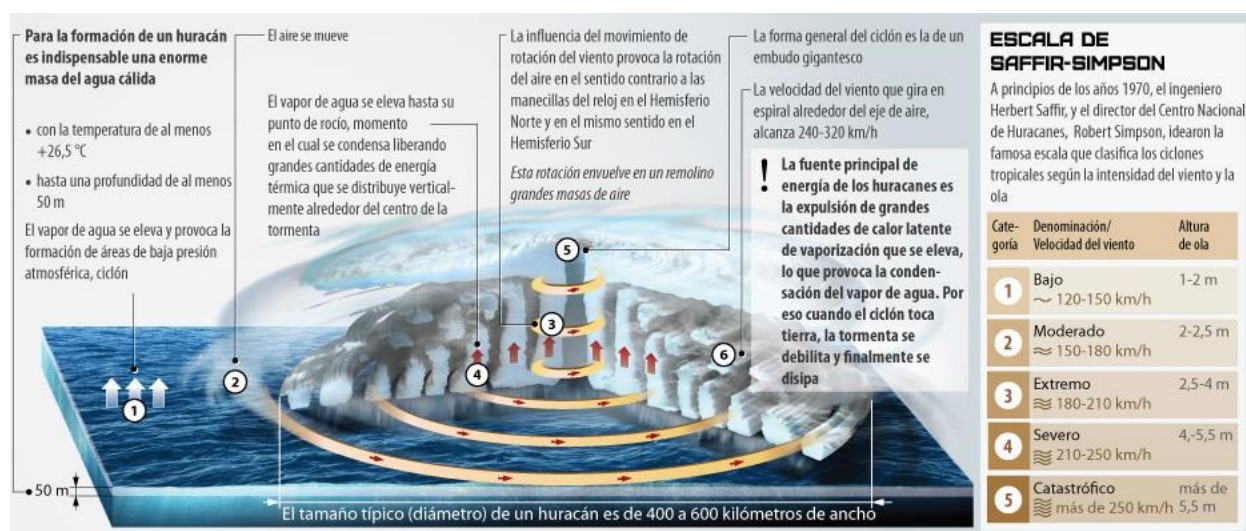


Figura 22. Formación de Huracanes

Fuente: <https://bibliotecadeinvestigaciones.wordpress.com/ciencias-de-la-tierra/huracanes-tifones-ciclones-tropicales-o-baguios/>

La temporada de huracanes del Caribe la cual influye en la climatología del país inicia en el mes de junio y se extiende hasta el mes de noviembre; en la historia reciente El Salvador ha sido afectado por varios huracanes los cuales aunque no impactan de manera directa en el territorio siguen llevando precipitaciones, deslaves, vientos moderados, etc.

La tormenta tropical Agatha que azotó al país en el año 2010 produjo un saldo de 12 muertos y cuantiosos daños en cultivos e infraestructura. El balance es alentador si se compara con lo ocurrido hace medio año, en noviembre de 2009, cuando el huracán Ida dejó en el país más de 275 fallecidos

y casi 240 millones de dólares en pérdidas. O con lo sucedido en octubre de 2005, cuando las lluvias asociadas al huracán Stan se saldaron con 72 muertes y 335 millones en daños.

Si se busca más atrás, aparecen nombres como el huracán Mitch en 1998, el huracán Fifi en 1974 o las graves inundaciones de 1934 generadas también por las lluvias asociadas a un huracán no bautizado.

Haciendo una descripción más profunda de los huracanes que han azotado al país se pueden mencionar:

-Huracán Mitch

El huracán Mitch fue uno de los ciclones tropicales más poderosos y mortales que se han visto en la era moderna, teniendo una velocidad máxima de vientos sostenidos de 290 km/h. Mitch pasó por América Central del 22 de octubre al 5 de noviembre, en la temporada de huracanes en el Atlántico de 1998. También causó miles de millones de dólares en pérdidas materiales.

Dicho huracán se formó en el oeste del mar Caribe el 22 de octubre, y después de pasar por condiciones extremadamente favorables, alcanzó rápidamente la categoría 5, el nivel más alto posible en la escala de huracanes. Después de desplazarse hacia el suroeste al mismo tiempo que se debilitaba, el huracán golpeó Honduras como un huracán de categoría menor. Se movió a través de Centroamérica hasta alcanzar la bahía de Campeche para finalmente golpear Florida como una tormenta tropical.

Mientras circulaba a través de El Salvador, Mitch causó una gran cantidad de lluvia, lo que resultó en inundaciones repentinas y deslizamientos de tierra en todo el país. Varios ríos, incluyendo el Río Grande de San Miguel y el río Lempa se desbordaron, lo cual generó grandes daños en el territorio. Las inundaciones dañaron más de 10 000 casas, dejando alrededor de 59 000 personas sin hogar, así como un saldo de 500,00 personas que tuvieron que ser evacuadas debido a las condiciones en las que se encontraban. Uno de los sectores de la economía salvadoreña que se vio más afectado por el paso del huracán fue el agrícola ya que sufrió daños de carácter severo, con inundaciones que abarcaron cerca de los 1000 km² de pastizales o tierras cultivadas así mismo destruyeron el 37% de la producción de frijoles, 19% de la de maíz y 20% de la de caña de azúcar. También hubo grandes pérdidas en la ganadería lo cual se vio reflejado en la muerte de aproximadamente 10 000 animales. Además las inundaciones destruyeron dos puentes y dañaron 2000 km de vías sin pavimentar. En lo que a pérdidas humanas se refiere el huracán Mitch dejó un saldo de 240 decesos en su paso por El Salvador

-Huracán Stan

El huracán Stan fue la decimoctava tormenta tropical y el décimo huracán de la temporada de huracanes del océano Atlántico en 2005. Fue una tormenta relativamente fuerte que, mientras se estableció como huracán de Categoría 1 durante un corto período, causó inundaciones y desprendimientos en los países centroamericanos de Belice, Costa Rica, El Salvador, Guatemala, Honduras, Nicaragua además del sur de México durante los días 3, 4 y 5 de octubre de 2005. Ocasión por lo menos 1620 muertes, un número similar al producido por el Huracán Katrina, y muchos más desaparecidos. En un momento, fuentes oficiales informaron que el número de muertes aumentaría posiblemente hasta 2000.

El huracán Stan entró en El Salvador como tormenta tropical y llevó consigo tres días de intensas lluvias, inundaciones, desprendimientos y dejó un saldo de 62 muertos y 40,637 evacuados.

-Huracán Fifi:

El 18 de septiembre de 1974 el Fifi descargó su furia asolando extensas zonas del territorio y ocasionando la muerte de unas 10,000 personas. Comenzó como onda tropical en el mar Caribe, según datos históricos.

La depresión se intensificó a tormenta tropical con nombre de seguimiento "Fifi" cerca de las costas de la isla de Jamaica ganando fuerza y extendiéndose hacia las costas de Honduras con una magnitud de categoría 2.

- Huracán Cesar Douglas.

El huracán Cesar-Douglas fue la tercera tormenta de la temporada de huracanes en el Atlántico de 1996. El huracán de categoría uno se formó a finales de julio en el mar Caribe y golpeó a América Central con lluvias, dejando a su paso 67 personas fallecidas y causando que los gobiernos locales declararan el área como de desastre. Después de cruzar por América Central, la tormenta se redesarrolló en el Pacífico como el Huracán Douglas alcanzando la categoría 4 una vez estando en el mar abierto.

-Huracán Barbara

La tormenta tropical Barbara llevó consigo lluvias de carácter moderado que afectaron a El Salvador. Muchas casas fueron dañadas, inundaciones en carreteras, y varios árboles fueron derribados. Los fuertes vientos y olas altas causaron daños en diferentes viviendas en el área costera del país. Como resultado, muchos de los refugios de la zona los refugios tuvieron que ser adecuados para la demanda a la cual se vieron sometidos. Esta misma perturbación trajo algunos deslizamientos en Guatemala así como fuertes lluvias, deslaves afectando a una cantidad considerable de la población.

-Tormenta Tropical Agatha.

El sistema se organizó en mayo del 2010, convirtiéndose en depresión tropical y se disipó al día siguiente, con vientos que alcanzaron los 75 km/h y una presión mínima de 1000 hPa. Antes de convertirse en depresión, la perturbación había afectado los países de América Central con lluvias torrenciales. Al tocar tierra con intensidad de tormenta tropical, causó deslizamientos de tierra e innumerables ríos desbordados, cobró la vida de varias decenas de personas, desplazando a cientos de miles y provocando la destrucción de miles de hogares e infraestructura.

En El Salvador, numerosas inundaciones ocurrieron mientras la tormenta cruzaba el país. En San Salvador y otras cinco ciudades entre las cuales se pueden mencionar Santa Ana, Santa Tecla, La Libertad, etc. Las autoridades urgieron a la población a evacuarse hacia refugios debido a la inminente amenaza de inundación. La mayor caída de lluvia registrada en el país fue de 400 mm; sin embargo, hubo más precipitaciones desde este reporte. En total, once personas resultaron fallecidas en el país, dos desaparecidas y más de diez mil evacuados.

Trayectorias Predominantes en la formación de huracanes en el océano Atlántico.

Mapas de trayectoria predominante de huracanes en relación al mes del año y su probabilidad de formación.

Junio: Para el mes de junio se puede observar que el porcentaje de probabilidades que se formen fenómenos climáticos es baja, siendo en el océano atlántico específicamente en la zona del golfo de México, el área donde se concentraría en caso de formación, lo cual afecta a países como México, Estados Unidos, Belice y Cuba.



Figura 23. Área de Formación de Ciclones en la Cuenca del Atlántico mes Junio
Fuente: <http://www.jmarcano.com/varios/desastre/huracan2.html>

Julio: Para el mes de julio se puede ver igualmente unas probabilidades bajas de formación de fenómenos climáticos, para este mes, el área de formación está menos concentrada que en el mes de junio, aunque siempre localizándose en el océano atlántico ya que para esta parte de globo terráqueo es el lugar predilecto de formación de los mismos. Los países los cuales resultarían afectados serían Estados Unidos y ciertas islas del Caribe como Monserrat, Puerto Rico, St. Lucia, Dominica, etc.



Figura 24. Área de Formación de Ciclones en la Cuenca del Atlántico mes Julio
Fuente: <http://www.jmarcano.com/varios/desastre/huracan2.html>

Agosto: Durante este mes las probabilidades de formación pasan de bajas (meses anteriores de junio y julio) a incluso altas, ya que para esta época del año se da inicio la temporada de huracanes en el océano atlántico. Así mismo se puede ver que las trayectorias predominantes inician desde

muy cerca del continente africano, atravesando el océano atlántico hasta llegar al Caribe y la zona de México y Estados Unidos afectando toda la costa este del mismo.

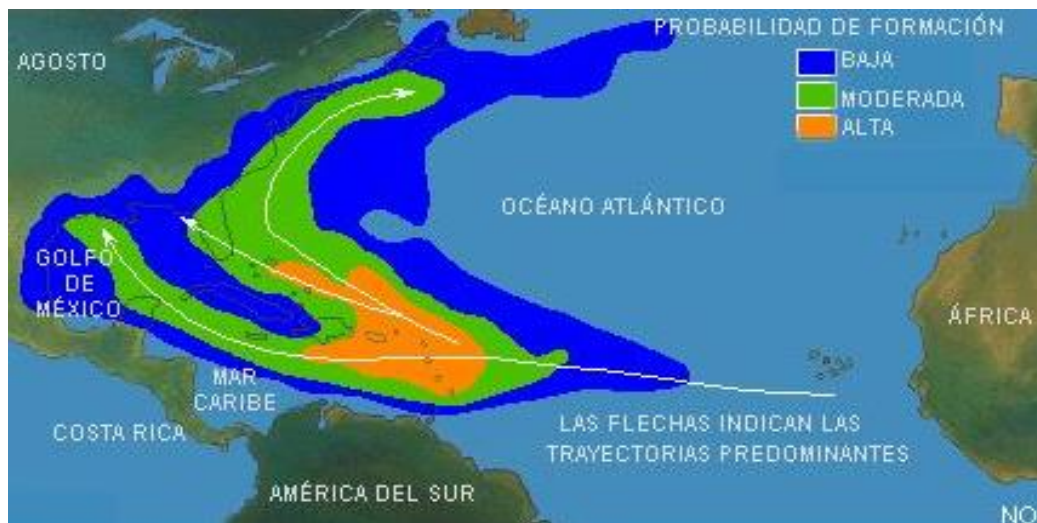


Figura 25. Área de Formación de Ciclones en la Cuenca del Atlántico mes Agosto
Fuente: <http://www.jmarcano.com/varios/desastre/huracan2.html>

Septiembre: Este es el mes donde existe la mayor probabilidad de formación de fenómenos climáticos siendo de carácter media – alta, para esta época del año se presenta la mayor área con posibilidades de ser afectada por ciclones tropicales ya que abarca desde la parte superior de Sur América, todo la zona del Caribe pasando por la parte este de Centro América, México y subiendo por toda la costa Este de Estados Unidos hasta llegar a tocar cierta parte del territorio canadiense.

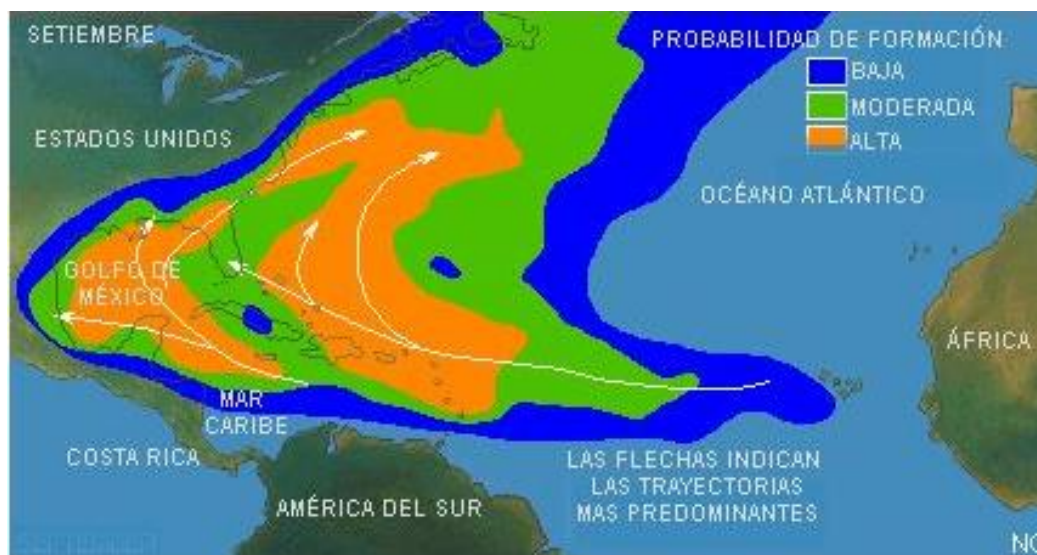


Figura 26. Área de Formación de Ciclones en la Cuenca del Atlántico mes Septiembre
Fuente: <http://www.jmarcano.com/varios/desastre/huracan2.html>

Octubre: Las probabilidades de formación siguen siendo de carácter media-alta aunque como se puede observar, el área afectada por los ciclones tropicales ha disminuido levemente, ya que este mes aun pertenece a la temporada de huracanes del atlántico. Así como en meses anteriores la

tendencia de trayectoria de los ciclones tropicales es de iniciar en la parte baja del caribe e ir desplazándose hasta el norte del continente americano.



Figura 27. Área de Formación de Ciclones en la Cuenca del Atlántico mes Octubre

Fuente: <http://www.jmarcano.com/varios/desastre/huracan2.html>

Noviembre: Este es el mes con menores posibilidades de formación así como menor porcentaje de área afectada abarca ya que para esta época prácticamente se ha terminado la temporada de ciclones tropicales. En caso de formación de algún fenómeno climático su trayectoria predilecta sería en dirección al centro del océano atlántico afectando únicamente cierta parte del Caribe, específicamente Cuba.



Figura 28. Área de Formación de Ciclones en la Cuenca del Atlántico mes Noviembre

Fuente: <http://www.jmarcano.com/varios/desastre/huracan2.html>

Trayectorias de los fenómenos climáticos que se han desarrollado en la zona:

- Trayectoria de los diferentes fenómenos climáticos para el año 2010.

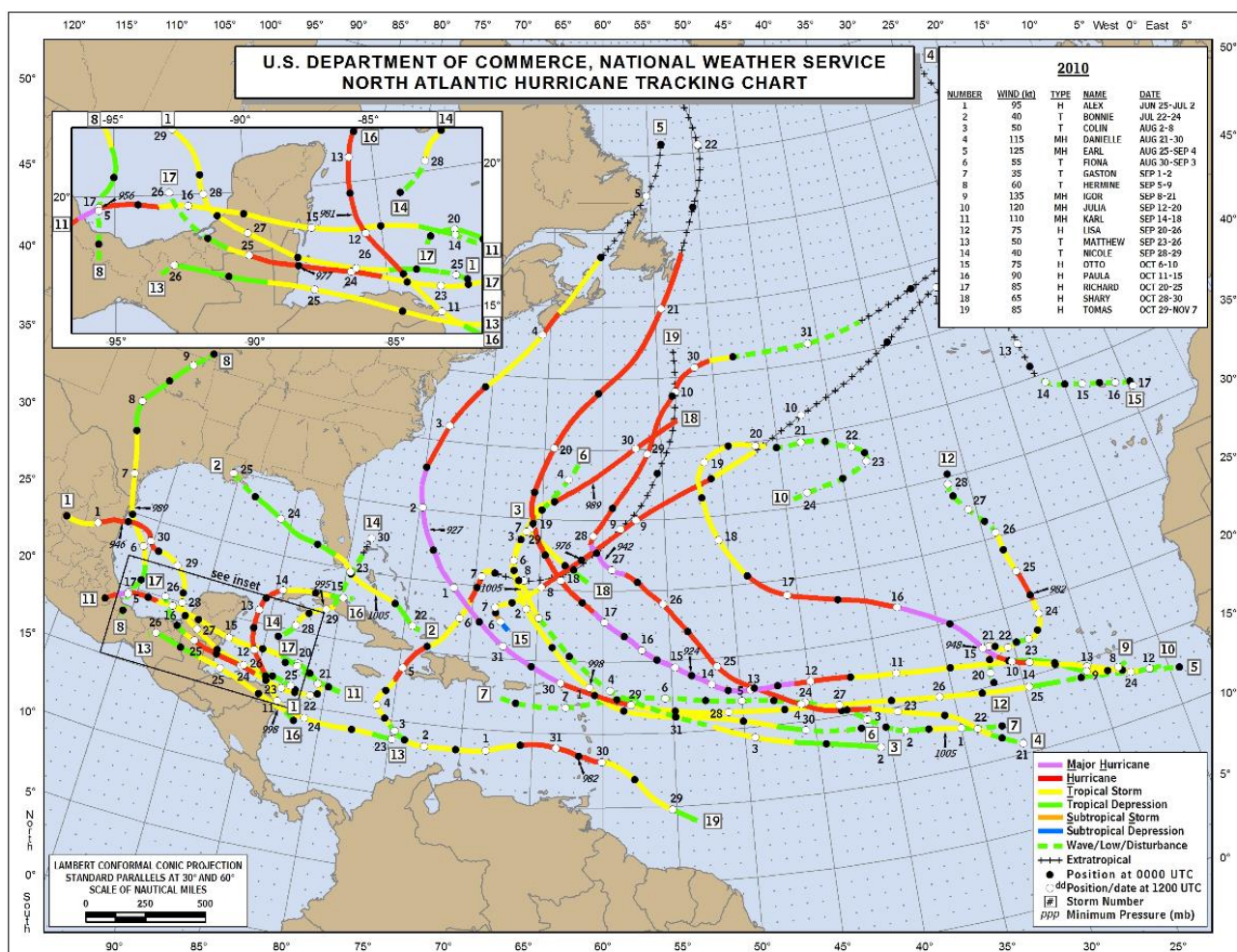


Figura 29. Trayectoria de los diferentes fenómenos climáticos para el año 2010

Fuente: <http://www.nhc.noaa.gov/data/tcr/index.php?season=2010>

Como se describió anteriormente se puede observar como la zona predilecta de formación de los ciclones tropicales inicia en la parte más cercana al continente africano, en la zona de Cabo Verde, y atraviesa todo el atlántico hasta llegar al Caribe, el cual para este año fue una de las zonas más afectadas por los ciclones climáticos para luego cruzarlo y llegar a tocar toda la parte este de Centro América, países como Honduras, Nicaragua, Guatemala, Belice y México fueron también zonas de alta incidencia de fenómenos climáticos para este año, siendo Estados Unidos uno de los países que no resulto muy afectado a pesar de ser uno de los lugares predilectos en la dirección de los ciclones, ocasionalmente se llegan a formar algunos fenómenos en la parte alta de Sur América afectando parte de Colombia, Venezuela, las Guayanas, Surinam, etc.

- Trayectoria de los diferentes fenómenos climáticos para el año 1998.

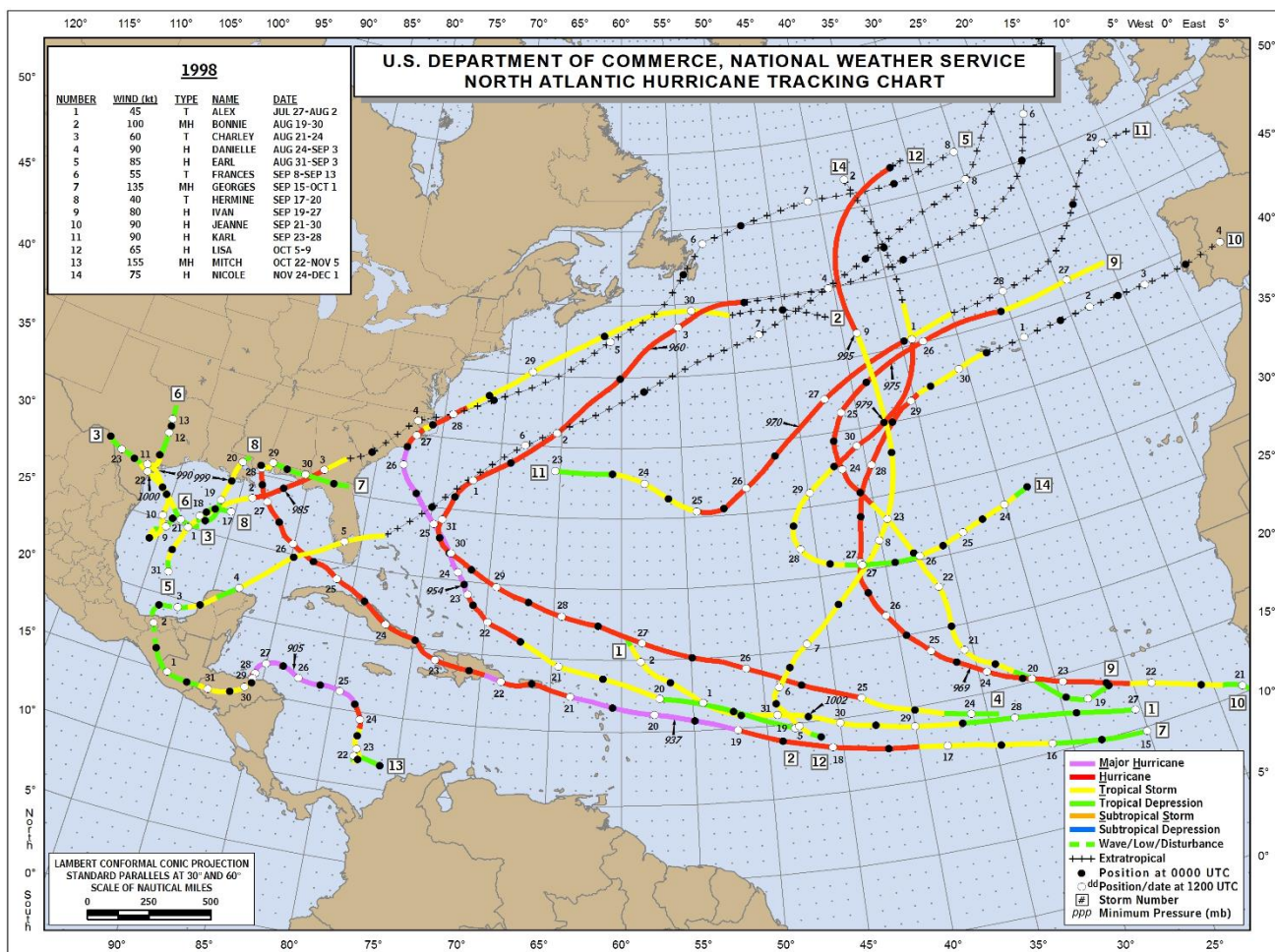


Figura 30. Trayectoria de los diferentes fenómenos climáticos para el año 1998

Fuente: <http://www.nhc.noaa.gov/data/tcr/index.php?season=1998>

Este año se caracterizó por la existencia de un número bajo de ciclones tropicales, siendo la zona del Caribe la más afectada, muchos de los fenómenos climáticos que se dieron este año se formaron en la parte central del atlántico por lo consiguiente, no llegaron a afectar a ninguno de los países del continente americano. No obstante durante este año tuvo lugar el huracán Mitch, el cual fue uno de los ciclones tropicales más devastadores que ha pasado por la zona como se mencionó anteriormente.

Como se ha podido analizar en los párrafos anteriores, El Salvador tiene una relación particular con los huracanes, sin embargo gracias a su ubicación geográfica, relieve terrestre, cadenas montañosas, numerosos volcanes y el hecho de no tener costa en el mar Caribe hacen que las posibilidades de un impacto directo de tales fenómenos sean casi remotas, así mismo ha quedado plasmado en las figuras anteriores que indican las trayectorias que han tomado los distintos ciclones que han pasado por la zona, sin embargo esto no ha impedido que grandes huracanes lleven consigo al país graves daños y pérdidas en áreas agrícolas, comerciales, de infraestructura, de carácter humano aunque sin llegar a ser tan devastadores como en los países en los cuales el impacto ha sido directo y que generalmente están más próximos al mar Caribe.

Una de las razones por la cual estos fenómenos naturales azotan al país aunque no con tanta intensidad, es debido a que cuando un huracán está sobre Honduras o cerca de la península de

Yucatán, las bandas de humedad que se crean desde el océano Pacífico hacen que este pierda intensidad y ya llega al país en forma de lluvias torrenciales, tormentas tropicales, depresiones tropicales, deslizamientos, inundaciones, etc.

2.10 VULCANOLOGIA

En El Salvador está ubicado en el Cinturón de Fuego del Pacífico, debido a esto, la subducción de la Placa de Cocos por debajo de la Placa del Caribe provoca diferentes fenómenos: por una parte una intensa actividad sísmica y por otra la fusión de rocas de la corteza terrestre sometidas a altas temperaturas y presiones. El magma, resultado de la fusión de las rocas, ascienden a través de fracturas por la Placa del Caribe hasta alcanzar la superficie, donde se producen las erupciones volcánicas y la formación de los conos volcánicos.

La Cordillera volcánica en El Salvador es resultado de este proceso. Ya que como se puede observar en la imagen siguiente, la disposición en línea de los volcanes formando una línea paralela a la costa y a la zona de subducción mar adentro, donde se genera el magma que los forma.



Figura 31. Capas de la corteza terrestre

Fuente: <http://www.snet.gob.sv/ver/vulcanologia/volcanes+de+el+salvador/origen+del+vulcanismo/>

Este fenómeno lleva miles de años produciéndose, por lo que antes de los volcanes que se conocen hoy en día, ya existían otros y así sucesivamente. De hecho, prácticamente todo el subsuelo del país (más de un 90%) está formado por materiales volcánicos.

Las placas tectónicas que se encuentran en la región se mueven unas respecto a las otras por encima del manto, que es fluido o semifluido, este movimiento da cabida a que se generen dos escenarios; uno en el cual se separan y el otro en cual convergen o chocan. En los lugares donde las placas se separan se tienen las dorsales, una especie de cadenas de volcanes, donde se genera nueva corteza terrestre por la salida de magma al exterior, que suele encontrarse en el fondo de los océanos.

En cambio en las zonas donde las placas convergen o chocan, como en el caso de Centroamérica y Sudamérica, las placas más densas y pesadas (las del océano) se hunden por debajo de las continentales, donde están los países de la región.

En El Salvador, la placa de Cocos subduce por debajo de la placa del Caribe. La corteza de la placa de Cocos al estar sometida a altas temperaturas y presiones mientras se hunde, se va fundiendo integrándose al manto y provocando la formación de magma.

Por su parte, la Placa del Caribe también está sometida a presión por el empuje de la Placa de Cocos y responde a esta presión fracturándose. Algunas de estas fracturas son aprovechadas por el magma para su salida hasta la superficie, donde se solidifica en forma de coladas de lava o de materiales granulares que se acumulan formando los conos volcánicos. Se puede decir, entonces, que en estas placas la salida de magma contribuye a hacer más gruesa la corteza terrestre.



Figura 32. Placas Tectónicas

Fuente: <http://1.bp.blogspot.com/rHD9tCmx8/UmscnQ37wHI/AAAAAAAAU40/9Yal2jpYCYE/s1600/PLACAS+CARI+BE.jpg>

El Salvador es un país volcánicamente muy activo, el 90% de su territorio está conformado por materiales volcánicos. Según el Smithsonian Institution se encuentran en El Salvador, 18 volcanes individuales y 3 campos volcánicos con edades comprendidas en los últimos 10.000 años.

Hoy en día en El Salvador existen 23 volcanes individuales y se identificaron cinco campos volcánicos con antecedentes sísmicos que agrupan estructuras volcánicas y lagos crátericos. Sin embargo son pocos los volcanes que presentan actividad continuada (emisión de gases y excepcionalmente de cenizas) como son: el volcán de Santa Ana, de San Salvador, de San Miguel y de Izalco, aunque no se puede descartar la reactivación de algunos volcanes con actividad en el pasado.

Diseño y Soluciones constructivas en la envolvente de la vivienda social en El Salvador: Estudio de la repercusión de la temperatura radiante en el confort térmico interior

No.	Nombre del volcán	Altura msnm	Tipo volcán	Tipo de roca predominante	Localización	Ultima erupción
1	Santa Ana	2,382	Estrato volcán	Basalto de olivino y piroxeno	San ta Ana	2005
2	Izalco	1965	estrato volcán	Basalto de olivino y augita	Sonsonate	1966
3	San Marcelino	1480	Cono de escorias	Basalto de olivino y augita	Sonsonate	1722
4	San Salvador	1867	Estrato volcán	Basalto y Andesita	San Salvador	1917
5	El Playón	660	Cono de escorias	Basalto de olivino y augita	San Salvador	1658-1659
6	Islas Quemadas	450	Domo de lava	Dacita y Hornblenda	San Salvador	1879-1880
	Volcán Ilopango	438	Caldera	Dacita, Pómez		429 dC
7	San Miguel	2130	Estrato volcán	Basalto de olivino y augita	San Miguel	1976
8	Conchagüita	550	Estrato volcán	Basalto	Isla del Golfo de Fonseca	1892

Figura 33. Volcanes con erupciones conocidas

Fuente:<http://www.snet.gob.sv/ver/vulcanologia/volcanes+de+el+salvador/volcanes+activos/>

Algunos de los principales volcanes que se encuentran en el territorio salvadoreño están localizados en los valles centrales y la Cordillera Norte, en las cuales se encuentran cerros como el Cacahuatique en Morazán y la Sierra de Guazapa en el departamento de San Salvador que los geólogos han identificado como antiguos volcanes. Donde se sitúan los volcanes de menor antigüedad son los ubicados en la actual cordillera volcánica, ahí se encuentran volcanes activos como el de San Miguel, Izalco, Santa Ana, San Salvador, entre otros. Sin embargo, con el paso del tiempo estos volcanes dejarán de ser activos y se convertirán en cerros, se erosionarán y pasarán a formar parte del relieve de El Salvador, dejando paso a nuevos edificios volcánicos.



Figura 34. Principales Volcanes de El Salvador

Fuente:<http://sitiosescolares.miportal.edu.sv/geografia/CAPITULO%202/65.JPG>

Capítulo III

La Vivienda de Interés Social y Sistema Constructivo Convencional en El Salvador.

- 3.1** VIVIENDA DE INTERES SOCIAL
- 3.2** VIVIENDA DE INTERES SOCIAL EN EL SALVADOR
- 3.3** SISTEMA CONSTRUCTIVO CONVENCIONAL
- 3.4** NORMATIVA EN EL SALVADOR

3.1 VIVIENDA DE INTERES SOCIAL

Las viviendas de interés social, surge en el mundo, específicamente en Inglaterra, en la época de la industrialización, debido a la gran demanda de personal que se necesitaba para poder realizar las distintas actividades laborales de la época y como una iniciativa para dotar de un hábitat a dicha clase obrera, proporcionándoles un espacio digno donde vivir.

Las primeras viviendas sociales que se construyeron no contaban con un patrón determinado, ni tampoco eran de dimensiones reducidas como las que se pueden ver ahora en día, fue hasta después de un tiempo que se comenzaron a desarrollar en forma de hilera construyéndose una tras otra formando así el primer patrón de vivienda social existente.

Sin embargo, otros de los motivos que contribuyeron al desarrollo de los patrones de la vivienda social fue la agrupación de dichos espacios, la cual se daba sin ningún planeamiento urbano en ese momento así como el surgimiento de una sobrepoblación en las grandes ciudades motivo de la migración del campo a la ciudad, esto dio partida a una demanda social y habitacional de grandes porcentajes. Dicha problemática se convirtió en interés político y se responsabilizó al poder gubernamental para que encontrase una solución de dicha preocupación.

Por tal motivo, el poder político cambia el concepto de Vivienda de interés social y se destina a satisfacer las necesidades de viviendas de familias de escaso poder adquisitivo, y así, contribuir al déficit que existe, sobre todo en los países en vía de desarrollo; ya que durante los años la vivienda ha sido una necesidad básica que debe satisfacerse en cualquier parte del mundo, sin embargo, es cierto que conforme pasan los años se vuelve cada vez más insostenible el ritmo de crecimiento de la población y a su vez la demanda de la vivienda resulta cada vez más complicada y más difícil de satisfacer.

3.2 VIVIENDA DE INTERES SOCIAL EN EL SALVADOR

La constitución de El Salvador define como vivienda de interés social aquella destinada a las familias de bajos ingresos de las áreas urbanas y rurales, cuyos ingresos familiares mensuales sean inferiores o iguales al monto de cuatro salarios mínimos para el comercio e industria. Dicha vivienda proporcionara seguridad, salubridad, higiene y comodidad.

A lo largo de la historia, la vivienda social en El Salvador se ha desarrollado conforme a diferentes épocas, fenómenos sociales, económicos, climáticos que se han afectado de una manera u otra al país, sin embargo los orígenes del Estado como proveedor de viviendas, se encuentran en la depresión económica de mil novecientos treinta y su impacto en la economía salvadoreña.

Así, durante el régimen del General Maximiliano Hernández Martínez, en mil novecientos treinta y tres fue fundada la Junta Nacional de Defensa Social, cuya función fue la de contribuir a la solución de las necesidades básicas de la población. En 1950 nace el Instituto de Vivienda Urbana, con la función específica de desarrollar y ejecutar proyectos habitacionales de carácter social, dentro del régimen de tenencia del bien común familiar.

Durante la época de los sesentas se aceleró el proceso de urbanización, como consecuencia de la expansión de los cultivos de exportación y de la migración poblacional campo y ciudad lo cual generó una gran demanda habitacional en el país. Fue hasta mil novecientos sesenta y tres que se crea la Financiera Nacional de la Vivienda y las Asociaciones de Ahorro y Préstamo, dicho sistema creado por el Estado tenía el objetivo de darle solución al problema del alojamiento de las familias de bajos y medianos ingresos.

Durante los años de 1970 a 1980 se creó el Fondo Social para la Vivienda y el Instituto Nacional de Pensiones de los Empleados Públicos, ambas instituciones formaron parte de la nueva política reformista nacional del régimen del presidente Arturo Armando Molina; los recursos con los cuales operaron, provenían de los mismos trabajadores y de los patronos por medio de un sistema de cotizaciones.

La década de los ochentas se caracterizó por la crisis económica generada por la guerra. La violencia se extendió a todas las esferas de la vida nacional. En El Salvador el déficit habitacional ha sido tradicionalmente elevado, pero en la década de los ochentas su magnitud creció a un ritmo progresivo debido al conflicto armado y a la gran ola de destrucción de infraestructura que se sufrió en el territorio. La producción de viviendas por parte del Estado se realizaba a costos muy elevados por unidad habitacional y las viviendas eran comercializadas a bajos precios, lo que generaba una descapitalización económica para las instituciones.

Otro de los sucesos en este caso de carácter climatológico que aumento el déficit habitacional fue del huracán Mitch en 1998 afectando considerablemente la gran mayoría de sectores del país, un gran porcentaje de las organizaciones de vivienda social se involucraron únicamente en actividades de recuperación de corto plazo, volviendo nuevamente a su trabajo normal una vez concluida la fase de emergencia. Sin embargo, después de los terremotos del 2001 se inició un profundo cambio dentro de los proyectos implementados. Con el objetivo de reducir las vulnerabilidades físicas existentes, las organizaciones de vivienda social en general re-evaluaron y cambiaron el tipo de construcción y diseño utilizados para las viviendas construidas en el marco de sus proyectos, y comenzaron a dar más importancia a su entorno, por ejemplo, servicios básicos e infraestructura.

En la actualidad el problema de acceso a viviendas dignas alcanza aproximadamente al 30% de las familias, en un estudio promovido por el Fondo Social para la Vivienda se detectó que el déficit total de viviendas para familias de bajos ingresos es del orden de los 360,301 inmuebles. De ese total el déficit cualitativo alcanza las 315,918 viviendas, las cuales tienen una o más carencias, entre las cuales se mencionan: pisos de tierra, techo y paredes de materiales de desecho. El déficit cuantitativo (demanda vivienda) alcanza los 44,383, indicando que más de tres hogares viven en una misma vivienda y la fuerte presencia de hogares viviendo en mesones. Frente a este escenario los programas de Vivienda de Interés Social (VIS) se orientan a resolver la necesidad habitacional de las familias de menores ingresos. La VIS es definida, como aquella vivienda cuyo precio es de hasta 15,000 dólares americanos.

Entre los principales aspectos que inciden en el financiamiento de la VIS se tiene el desarrollo proyectos de interés social, los cuales toman en cuenta, entre otros aspectos temas de ordenamiento territorial, desarrollo de los sistemas constructivos e industria de los materiales de construcción. A largo plazo, los programas tienen en cuenta la situación de los clientes, su entorno económico y la oferta disponible.

3.3 SISTEMA CONSTRUCTIVO TRADICIONAL

En El Salvador, la industria de la construcción ha cambiado según las necesidades de la época, iniciándose desde el rancho de paja con paredes de vara de maicillo, pasando por estructuras de adobe y bahareque hasta llegar al sistema mixto que comprende concreto, hierro, ladrillo y bloques de concreto, siendo la mampostería de concreto con refuerzo integral la más utilizada actualmente.

De hecho, en El Salvador se ha utilizado el sistema de bloques de concreto por casi medio siglo, con gran éxito y más intensamente en el último cuarto de siglo. Una razón muy importante, es que se ha demostrado su buen comportamiento estructural ante sismos, como lo observado en los terremotos del 13 de Enero y 13 Febrero del 2001, donde la mampostería de bloque de concreto con refuerzo integral no sufrió fuertes daños.

En El Salvador se fabrica bloque de concreto desde el año 1950 por la fábrica SALTEX y a partir de 1978 por BLOQUITUBOS, las cuales son las dos grandes proveedoras de bloque de concreto para la industria de la construcción, aunque existen otras pequeñas fábricas como PRECASA, BLOCASA y PREFASA, entre otras.

La mampostería de bloque de concreto con refuerzo integral es un sistema que está compuesto por: Bloques de concreto, Mortero, Concreto fluido (Grout) y Acero de refuerzo.

Bloques de concreto.

Es un elemento prefabricado, de concreto, con forma de prisma recto y con una o más perforaciones verticales que superan el 25% de su área bruta. Se utiliza para la elaboración de mampostería reforzada y confinada, siendo responsable, en una buena medida, de las características mecánicas y estéticas de dicha mampostería. Los bloques poseen dimensiones uniformes para facilitar la modulación, en cuanto a lo alto, 20 cm y en cuanto a lo largo, 40 cm, variando únicamente en el ancho, que en El Salvador puede ser de 10, 15 o 20 cm.

La norma establece que para la construcción de viviendas, las paredes deberán tener un espesor mínimo de 15 cm en la planta baja en el caso de viviendas de 2 niveles y bloques de 10 cm deberán utilizarse en viviendas de un nivel así como en la segunda planta de viviendas compuestas por 2 niveles.

Las partes que constituyen el bloque son las caras, que son las partes visibles de los mismos, cuando las paredes están levantadas y las membranas o tabiques que son aquellos elementos que unen las caras en los extremos o en la parte media.

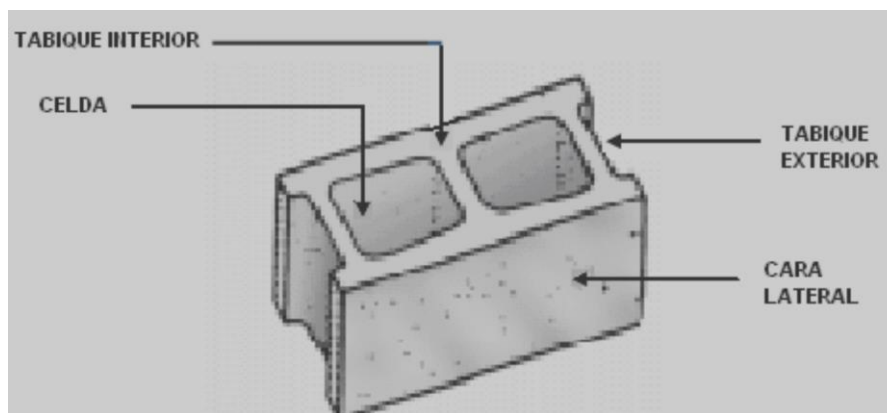


Figura 35. Bloque de Concreto Composición

Fuente: http://viviendasocial.vivienda.gob.sv/www/prov/wf_prov.aspx?idp=3&idh=1

La especificación señala tres clases de unidades de mampostería de concreto en base a su densidad:

DENSIDAD (ρ), kgf/ m ³		
Peso Ligero	Peso Medio	Peso Normal
Menos de 1680	De 1680 hasta menos de 2000	2000 o más.

Figura 36. Clases de Bloques según su densidad

Fuente: http://viviendasocial.vivienda.gob.sv/www/prov/wf_prov.aspx?idp=3&idh=1

Las medidas nominales y reales que se encuentran en El Salvador son:

Dimensión nominal.	Dimensión real.
10 x 20 x 40 cm	9.2 x 19 x 39 cm
15 x 20 x 40 cm	14.2 x 19 x 39 cm
20 x 20 x 40 cm	19.2 x 19 x 39 cm

Figura 37. Bloque de Concreto Medidas

Fuente: http://viviendasocial.vivienda.gob.sv/www/prov/wf_prov.aspx?idp=3&idh=1

La resistencia a la compresión es la principal cualidad que deben tener las unidades de mampostería y varía con el tipo de mampostería que con ellas se vaya a elaborar. La resistencia a la compresión esta especificada para ser alcanzada a los 28 días de producidas las unidades. Se establece una resistencia a la ruptura por compresión medida sobre el área neta, con un valor de 131kgf/cm² para el promedio de 3 unidades y 117kgf/cm² como mínimo para cada unidad.

Resistencia a la compresión, mínimo, kgf/cm ² .		Máxima absorción de agua (kgf/m ³) (promedio de tres unidades)		
Promedio de área neta.		Clasificación por peso del concreto secado en horno (kgf/m ³)		
Promedio de 3 Unidades	Unidad individual	Clasificación por peso		
		Peso ligero	Peso Medio	Peso Normal
131	117	288	240	208

Figura 38. Tabla de Resistencias a Compresión

Fuente: http://viviendasocial.vivienda.gob.sv/www/prov/wf_prov.aspx?idp=3&idh=1

Mortero.

El mortero es otro componente de la mampostería de bloque de concreto, cuya función es unir a las unidades de mampostería a través de las juntas verticales y horizontales, gracias a su excelente capacidad de adherencia, además permite dar un acabado a las superficies. Debe tener buena plasticidad y consistencia para poderlo colocar de la manera adecuada, suficiente capacidad de retención de agua para que las unidades de mampostería no le roben la humedad y se pueda desarrollar la resistencia de la interface mortero-unidad, mediando la correcta hidratación del cemento del mortero.

Por lo general está constituido por cemento, cal, arena, agua y aditivos. Se puede emplear cemento Pórtland tipo I, o cemento para mampostería el cual produce un mortero con mayor plasticidad y retención de agua.

El mortero está regulado por la norma ASTM C 270-02 que establece los siguientes 4 tipos de mortero:

TIPO M: Mortero de alta resistencia (176kgf/cm² en promedio) y durabilidad.

Recomendado para mampostería reforzada o sin refuerzo sujeta a grandes fuerzas de compresión, vientos fuertes o sismo y estructuras en contacto con el suelo como fundaciones, muros de contención, cisternas, piscinas, pozos y sótanos.

TIPO S: Mortero de alta resistencia de adherencia. Recomendado para estructuras sujetas a cargas de compresión normales que requieren alta resistencia. Se usa también donde el mortero es el único agente de adherencia con la pared, por ejemplo enchapes.

TIPO N: Mortero de propósito general, de mediana resistencia (53kgf/cm² en promedio), para estructuras sobre nivel de suelo. Se recomienda para enchapes de mampostería, paredes internas y divisiones. Representa la mejor combinación de resistencia, trabajabilidad y economía.

TIPO O: Mortero de baja resistencia (25kgf/cm² en promedio), y mucha cal. Se utiliza en paredes y divisiones que no soportan carga, Posee una excelente trabajabilidad.

Concreto Fluido

Consiste en una mezcla fluida de agregados y material cementante, capaz de penetrar en todas las cavidades de las unidades de la pared sin sufrir segregación, la cual se adhiere a las unidades de mampostería y a las barras de refuerzo, de tal manear que actúen juntos como un material homogéneo.

La norma ASTM C 1019-02 especifica una resistencia a compresión que sea igual a o mayor que f'm pero no menor que 140kgf /cm² a 28 días, para un concreto fluido con un encogimiento de 20 a 25cm (8 a 10plg).

Tipo	Partes de Cemento Pórtland o Cementos mezclados	Partes de cal hidratada.	Partes de arena	Partes de grava
Concreto fluido fino	1	0 a 1/10	de 2.25 a 3*	-
Concreto fluido grueso	1	0 a 1/10	de 2.25 a 3*	de 1 a 2*

Figura 39. Tipos de Concreto Fluido

Fuente: http://viviendasocial.vivienda.gob.sv/www/prov/wf_prov.aspx?idp=3&idh=1

Acero de Refuerzo

El acero de refuerzo forma parte del sistema de mampostería estructural y trabaja con las unidades de concreto, mortero y el concreto fluido para conformar un sistema estructural. Las barras de acero también llamadas hierro de construcción o varillas, tienen la propiedad de adherirse al concreto fluido y presentar elevada capacidad a tensión. En las construcciones, estas barras son colocadas de forma vertical y horizontal, con grado, diámetros y separaciones en base a recomendaciones de diseño.

Composición de Cubierta

La misión de la cubierta es la de suministrar protección contra los agentes climatológicos externos; por su exposición directa a la intemperie, necesita estar formada por materiales de gran resistencia a las variaciones térmicas y a los diferentes agentes atmosféricos.

Entre los elementos principales de cualquier cubierta se pueden mencionar: elemento el cual se encuentra en contacto con el entorno y que soporta directamente la exposición, elementos que sirve como barrera impermeable al agua y que tienen la misión de dar protección térmica y acústica. En nuestra ubicación geográfica, uno de los principales aspectos que define a la cubierta es el de servir como barrera impermeable al agua; a partir de este factor se determina la inclinación y la forma de la misma. Con respecto a la inclinación, las cubiertas puede ser inclinada o plana; lo cual lleva a utilizar diferentes tipos de cubiertas que se mencionan a continuación:

- Aquellas de pendientes muy pequeñas (de 1 a 2%), ejecutadas sobre una superficie horizontal, generalmente son de losas que sirven como cubierta de la edificación así como de piso de la terraza del mismo en caso de ser transitables.
- Aquellas de pendiente acentuada (de 10 a 20%), ejecutadas sobre una base inclinada (generalmente estructura de soporte de madera o acero), estas cubiertas son de carácter no

transitable y están compuestas por materiales como por ejemplo: chapas onduladas de acero galvanizado, fibrocemento, aluminio, asbesto, etc. así como chapas lisas de cobre aluminio y cinc.

- Aquellas de pendiente variable en el sentido vertical según directrices curvas en una o más direcciones.

Cubiertas con Pendiente Acentuada

- Cubiertas de Fibrocemento

Las cubiertas de fibrocemento tienen muy buenas propiedades de resistencia a la intemperie y al fuego, con un satisfactorio comportamiento mecánico; son livianas y de fácil instalación. Pero se tiene que tomar en cuenta que este tipo de cubiertas son frágiles debido en parte al material, y en caso de resolver este inconveniente a través del uso de láminas de mayores espesores, trae consigo un nuevo aspecto a considerar que es el aumento de peso a la cubierta. Las láminas comerciales que se producen vienen en espesores de 4, 6 y 8 mm; y de longitudes desde 2 hasta 12 pies. Las piezas con mayor espesor presentan mejor resistencia.

- Cubiertas de Lámina Galvanizada

Están constituidas por chapas de acero las cuales se producen en distintos grosores y tipos de ondulación; a las que se ha dado un baño de zinc para protegerlas de la oxidación. El palastro ondulado; cuya rigidez procede de sus nervaduras, puede salvar sin apoyos, luces bastantes grandes. Su inclinación no debe ser mayor de 20 grados.

- Cubierta de Lámina de Asbesto

Presenta la ventaja de ser cómoda, práctica y rápida, es muy económica y requiere muy poca mano de obra, es de fácil transporte y maleabilidad lo cual hace que este elemento se adapte a diferentes formas estructurales. Sin embargo según ciertos estudios el asbesto es un producto dañino para la salud causando enfermedades como el cáncer de pulmón.

Estructura de Cubierta

Es la estructura que se encarga de transmitir las cargas provenientes de la cubierta a los elementos de soporte; se pueden identificar dos tipos de elementos: primarios o vigas de techo y secundarios o largueros. Los elementos secundarios son los que brindan apoyo y fijación a los elementos que se utilizarán para cubrir el techo, estos elementos están distribuidos a lo largo de la viga de techo; por lo general están dispuestos de manera perpendicular a la pendiente de la cubierta. Los elementos primarios son los que brindan apoyo a los largueros y transmiten las cargas provenientes de estos a los elementos de soporte de la estructura principal, ya sean columnas o paredes.

Ambos tipos de elementos (primarios y secundarios) son elementos que trabajan principalmente a flexión, de la misma manera se tienen algunos miembros que componen las vigas de techos que pueden llegar a soportar cargas axiales o de cortante.

Dentro del país se utilizan dos tipos de estructuras para resolver la cubierta, las estructuras a base de elementos metálicos y las estructuras a base de elementos de madera, sin embargo las utilizadas en la construcción de vivienda de interés social generalmente son las estructuras de elementos metálicos.

Estructuras de Cubierta a base de Elementos Metálicos

El acero como material estructural se ha adoptado de manera más generalizada en muchas construcciones, debido a la gran variedad de productos existentes, su economía, resistencia, ductilidad y otras propiedades que lo hacen conveniente para la elaboración de elementos utilizados en diversidad de estructuras. Es un material que se fabrica bajo estrictas condiciones de control de calidad, lo que lo hace uniforme en cuanto a dimensiones y resistencia. Es producido en una gran variedad de tamaños y formas facilitando así la labor del diseño.

Existen numerosas ventajas en sus propiedades respecto a otros materiales estructurales, tales como su alta elasticidad, de manera que las deformaciones bajo carga son muy pequeñas; su gran ductilidad, por lo cual es capaz de tener grandes deformaciones antes de fallar; su resistencia por unidad lineal es elevada, logrando así un peso más liviano en los elementos, una característica muy deseada en las estructuras de techo. En la construcción, los elementos de acero son ensamblados rápidamente y fácilmente unidos mediante dispositivos simples de conexión, lo cual contribuye en la reducción de costos por el tiempo ejecución; además se adaptan fácilmente a posibles extensiones o ampliaciones futuras y los elementos dañados son fácilmente reparados o reemplazados, estos últimos con la posibilidad de venderlos para su reutilización, ya que el acero es reciclable.

Asimismo el acero presenta algunas desventajas en su utilización como material estructural, tales como la susceptibilidad a la corrosión por el agua y productos químicos, y la pérdida de resistencia al estar expuesto al fuego y a elevadas temperaturas.

Secciones de acero

Los tipos de perfiles de acero estructural se pueden clasificar según su fabricación en: perfiles de acero laminados en caliente y perfiles de acero laminados en frío. Siendo los más utilizados en la construcción de viviendas de interés social los perfiles laminados en frío debido en parte a los requerimientos de la misma.

- Perfiles de acero laminados en frío

Pueden ser de patines planos llamados también secciones no atiesadas (figuras a, b, c y d) o de patines rigidizados por medio de rebordes en las orillas exteriores llamados también secciones atiesadas (figuras e, f, g y h). La flexibilidad del proceso de formación en frío permite formas especiales tales como la de sombrero (figura i), caja abierta (figura j) y tipo "U" (figura k). Los peraltes pueden variar entre 2 y 12 pulgadas (5 y 30 cm) y el espesor de calibre entre 8 y 18.

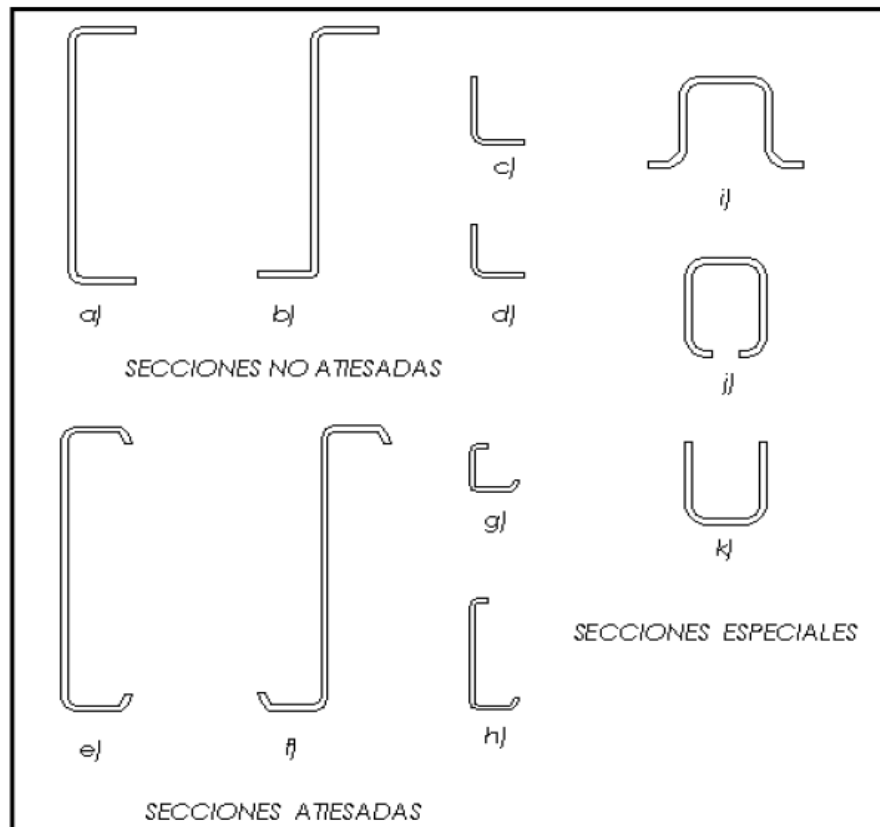


Figura 40. Perfiles estructurales formados en frío

Fuente: Tesis Estructuración, Análisis y Diseño Estructural de Elementos de Techos con Perfiles Metálicos.

Componentes de Estructura de Cubierta con Elementos Metálicos.

Como se dijo anteriormente, los elementos que conforman dicha estructura están divididos en dos grupos; los primarios y los secundarios, entre los primarios se pueden mencionar: armaduras, vigas de alma abierta o vigas de alma llena, mientras que los elementos secundarios pueden ser: polines espaciales, polines fabricados a partir de perfiles laminados en frío o en caliente, y que pueden ser de tipo "C" o "I".

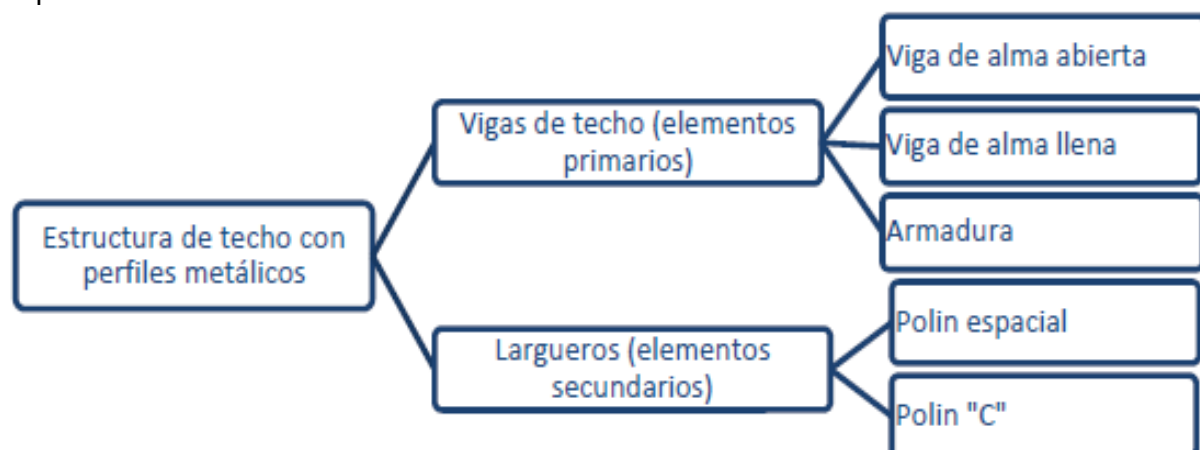


Figura 41. Componente de la Estructura de Cubierta con Elementos Metálicos

Fuente: Tesis Estructuración, Análisis y Diseño Estructural de Elementos de Techos con Perfiles Metálicos.

Los elementos metálicos que conforman la estructura de techo se pueden dividir en dos grupos según su elaboración en: armados y laminados, la diferencia entre ellos es que los elementos armados se elaboran según especificaciones particulares y se realizan en la obra mientras que los elementos laminados se utilizan tal y como se obtienen de fábrica. Los elementos armados pueden ser: armaduras, polines espaciales y vigas de alma abierta.

La figura 42 presenta la disposición de los componentes de la estructura de soporte de una vivienda tipo de interés social a base de elementos metálicos con relación a la estructura principal de soporte de la cubierta. Se pueden tener varias combinaciones de estructura y apoyos; así como de vigas de techo y largueros. En este caso se ha tomado un polín C como elemento secundario, la viga de alma abierta (o viga macomber) como elemento primario y la columna de concreto reforzado como elemento de soporte de la cubierta.

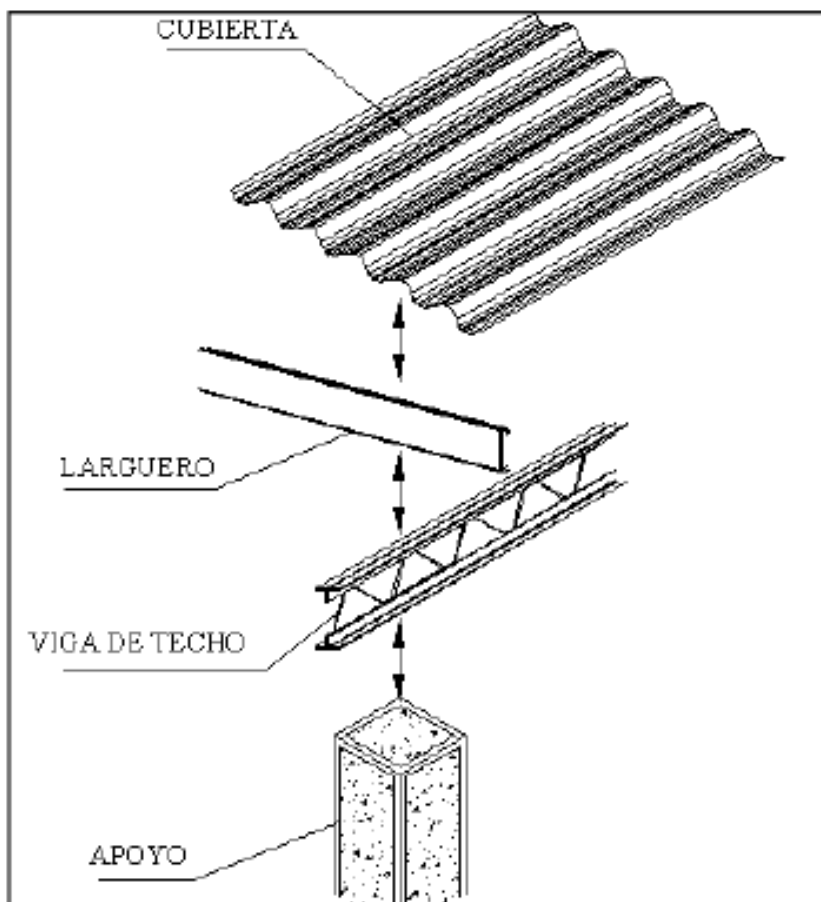


Figura 42. Composición de Estructura de Soporte de Cubierta Tipo

Fuente: Tesis Estructuración, Análisis y Diseño Estructural de Elementos de Techos con Perfiles Metálicos.

- *Vigas Macomber*

Pertenecen a la categoría de elementos primarios de la estructura de la cubierta, en los cuales la cuerda superior e inferior son paralelas; es por eso que son conocidas también como armaduras de cuerdas paralelas, estas vigas tienen la capacidad de salvar grandes claros entre los elementos de soporte.

Entrando en la composición de las mismas, tanto en la cuerda inferior como en la superior generalmente se utilizan angulares, las celosías son hechas a partir de varillas hierro o en algunos casos se hace uso igualmente de angulares, estas celosías van colocadas con ángulos de 45° o 60°.

Las vigas pueden colocarse horizontalmente o siguiendo la pendiente con la cual se ha construido la cubierta.

El método de unión de las vigas con las columnas o paredes, se realiza de manera similar a las armaduras; aunque también pueden quedar embebidas en el concreto de los elementos de soporte a la hora de realizar el colado.

- *Polines*

Estos elementos pertenecen a los elementos secundarios de la estructura de la cubierta y al momento de colocarlos se apoyan en la cuerda superior de las vigas metálicas principales (armaduras, vigas macomber, etc.).

Cumplen varias funciones, entre las que se pueden mencionar: sirven de apoyo al material de cubierta del techo, proporcionan gran parte del arrostramiento lateral necesario a las vigas metálicas y transmiten las cargas provenientes de la cubierta.

En nuestro medio se utilizan principalmente dos tipos de polines o largueros: el Polín "C" o "Polín Laminar", y el espacial o de celosía. Estos elementos se unen a las vigas por medio de soldaduras, placas empernadas al polín y a la viga, etc.

El polín espacial o de celosía está formado por tres varillas de acero, unidas entre sí por medio de una celosía de hierro colocada a 45° o 60°.

Estos dos tipos de polines también pueden empotrarse en paredes y por lo general se colocan con separación de 0.60 a 1.5 m; dependiendo del cálculo estructural y del material de cubierta a utilizar.

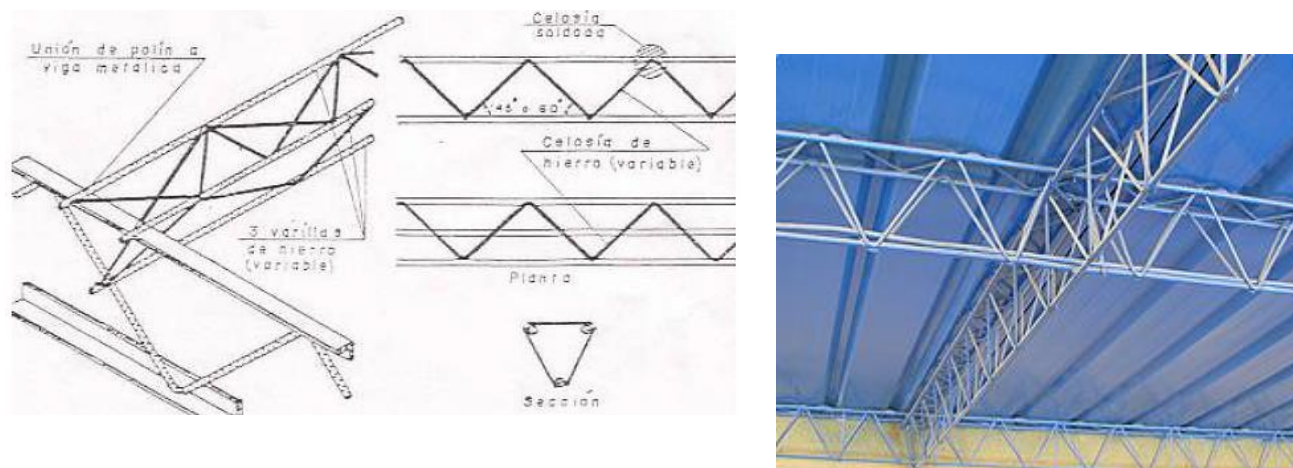


Figura 43. Polín de Celosía Espacial

Fuente: Tesis Estructuración, Análisis y Diseño Estructural / www.sv.all.biz/costanerapoln-espacial-g1128#.VQhG4Y6G-Sode Elementos de Techos con Perfiles Metálicos.

Comportamiento de la mampostería con refuerzo integral

La mampostería con refuerzo integral es un sistema constructivo, donde el acero de refuerzo es embebido en el mortero o colocado en agujeros y rellenado con concreto fluido.

Reforzando la mampostería con acero de refuerzo, la resistencia a cargas sísmicas y capacidad de disipación de energía pueden ser mejoradas significativamente. Para lograr esto, el refuerzo deberá ser integrado con mampostería de manera que todos los materiales del sistema de mampostería reforzada actúen monolíticamente ante cargas sísmicas y gravitatorias.

Una de las formas tradicionales de reforzar la mampostería con bloque de concreto es colocando el acero de refuerzo en los agujeros de las unidades. Antes de colocar las unidades de mampostería, el refuerzo vertical es colocado en su posición. Entonces, la primera hilada de unidades es colocada en el mortero y barras horizontales o mortero es colocado en las juntas verticales. Los agujeros que

contienen barras verticales son rellenados con concreto o concreto fluido, y las hiladas que contienen acero horizontal son rellenadas de la misma forma en toda la construcción. El acero de refuerzo usado debe ser resistente a la corrosión o debe protegerse correctamente contra la corrosión debido a las condiciones ambientales.

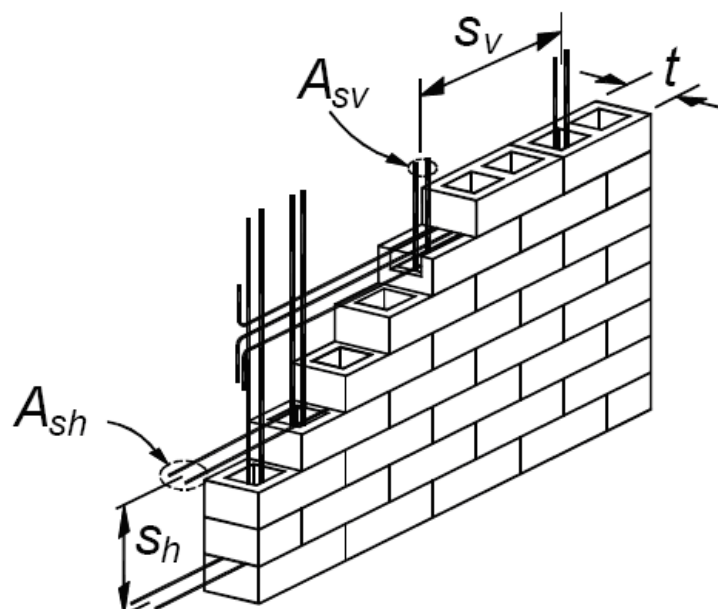


Figura 44. Composición de Sistema de Mampostería Reforzada con Bloque de Concreto
Fuente: http://viviendasocial.vivienda.gob.sv/www/prov/wf_prov.aspx?idp=3&idh=1

3.4 NORMA PARA EL DISEÑO Y CONSTRUCCION DE VIVIENDAS DE INTERES SOCIAL

Para el caso especial de mampostería reforzada, el espesor mínimo deberá ser de 10 cm para viviendas de un nivel, y de 15cm en el caso de viviendas de dos niveles, manteniendo una relación de 20 entre la altura y espesor de paredes. Además, el área total de acero de refuerzo a utilizar no deberá exceder 0.0013 veces el área bruta de la pared, considerando además que el área de acero en cualquier dirección no será mayor de 0.0005 veces el área bruta de la pared.

La separación del acero vertical será menor de seis veces el espesor de la pared o 80cm. La separación del acero horizontal será de 40cm, utilizando en ambos casos, diámetros mínimos de 8mm y 6.4mm para el refuerzo vertical y horizontal, respectivamente.

En el borde superior de las paredes, deberá colocarse soleras de 20cm de altura y del espesor de la pared, utilizando dos varillas N° 3 y grapas N° 2 con separación de 20cm. En este sistema, todas las celdas adyacentes a huecos para puertas y ventadas deberán ser reforzadas como mínimo con una varilla N° 3, y en las repisas de ventana se colocarán elementos de concreto de 10cm de altura con el mismo espesor de la pared, reforzados con 2 varillas N° 3 y estribos N° 2 con separación de 20cm. Sin embargo, la Norma permite el uso de bloque solera reforzada con una varilla N° 3.

La cimentación para este sistema se compone de una solera corrida de concreto reforzada con un ancho mínimo de 30cm para viviendas de una planta, y de 40cm para dos plantas; desplazándose a una profundidad no menor a 50cm del nivel más bajo del piso. El refuerzo longitudinal de esta solera será como mínimo de tres varillas N° 3 con estribos N°2 a cada 20cm.

Descripción	Norma vigente 1997	Propuesta 2004
1. Solera de Fundación		
- Refuerzo	3 N°3, Est. N°2@20cm	4 N°3, Est. N°2@15cm
2. Repisas	Elemento de concreto reforzado (CR) o Bloque solera (BS) con refuerzo de 1 varilla N°3	Si es de CR, extensión de 40cm más allá del borde Si es de BS, extensión de 50cm del refuerzo.
3. Soleras	- Solera Intermedia (SI) - No Bloque Solera (BS) - Refuerzo de 2 N°3, con Est. N°2 @20cm.	- No S.I. - Uso de Bloque Solera - Refuerzo de 4 N°3 con Est. N°2 @20cm.
4. Área de vanos	20% área bruta	35% área bruta
5. Refuerzo Horizontal	Separación 40cm	- Separación 60cm
6. Refuerzo vertical	Colocar refuerzo de 1N°3 en las celdas adyacentes a huecos de puertas y ventanas.	Colocación de 1N°3 en esquinas e intersecciones de paredes.

Figura 45. Normas para el diseño y construcción de Viviendas

Fuente: http://viviendasocial.vivienda.gob.sv/www/prov/wf_prov.aspx?idp=3&idh=1

Tipología de Vivienda de Interés Social.

La tipología de vivienda de interés social en El Salvador está formada por dos categorías, la primera categoría, la compuesta por una sola planta mientras que la siguiente sería la que consta de planta baja más dos.



Figura 46. Complejo habitacional de carácter social

Fuente: <http://www.contrapunto.com.sv/images/Noviembre14/fondocasa.jpg>

- Vivienda de Interés Social de 1 Nivel – Planta Arquitectónica / Plata Baja

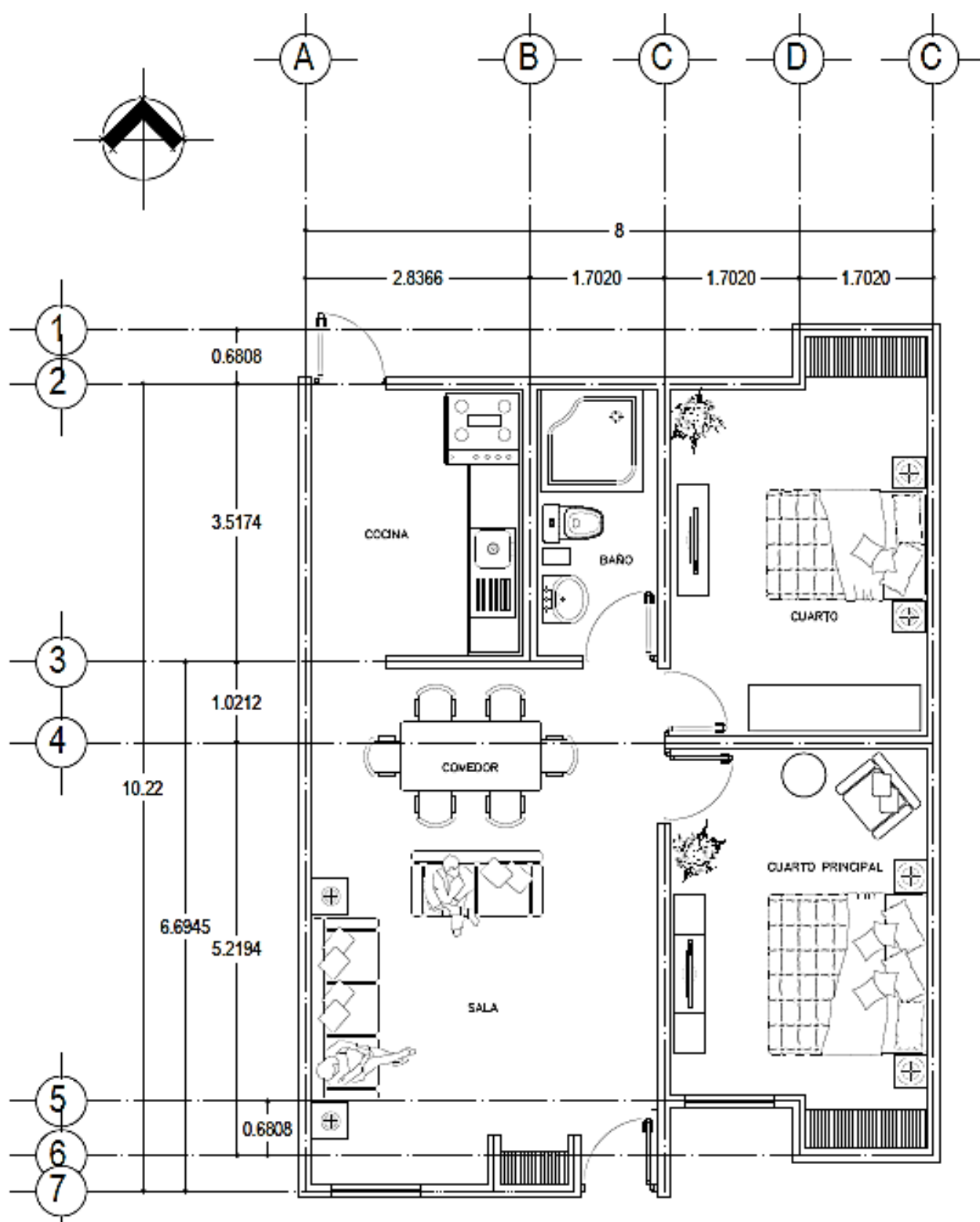


Figura 47. Planta Arquitectónica/Planta Baja - Vivienda Social
Fuente: Empresa PREFACERO S.A. de C.V.

- Vivienda de Interés Social de 2 Niveles – Planta Arquitectónica / Plata Baja

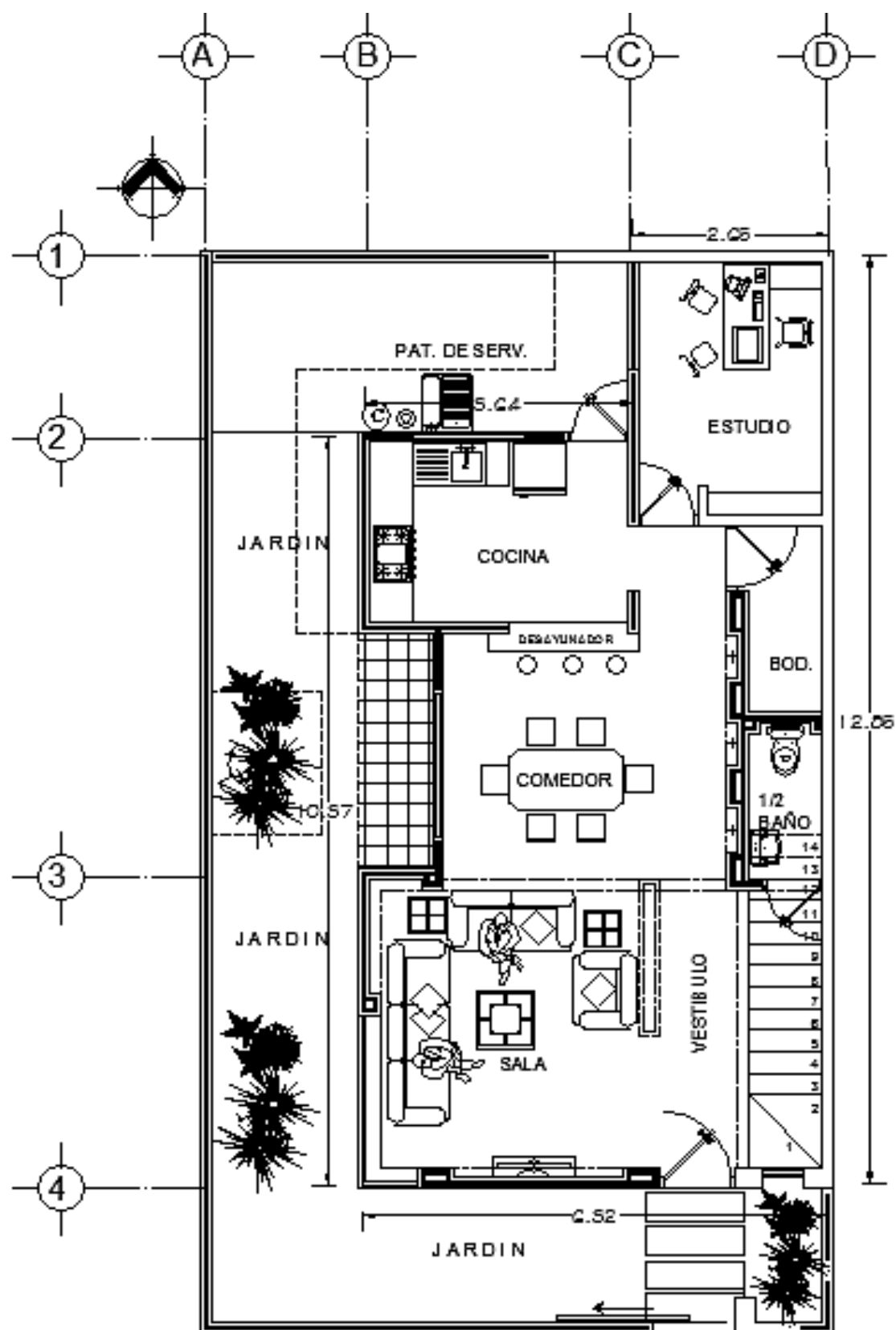


Figura 48. Planta Arquitectónica/Planta Baja - Vivienda Social de 2 niveles
Fuente: Empresa PREFACERO S.A. de C.V.

- Vivienda de Interés Social de 2 Niveles – Planta Arquitectónica / Plata Baja+2

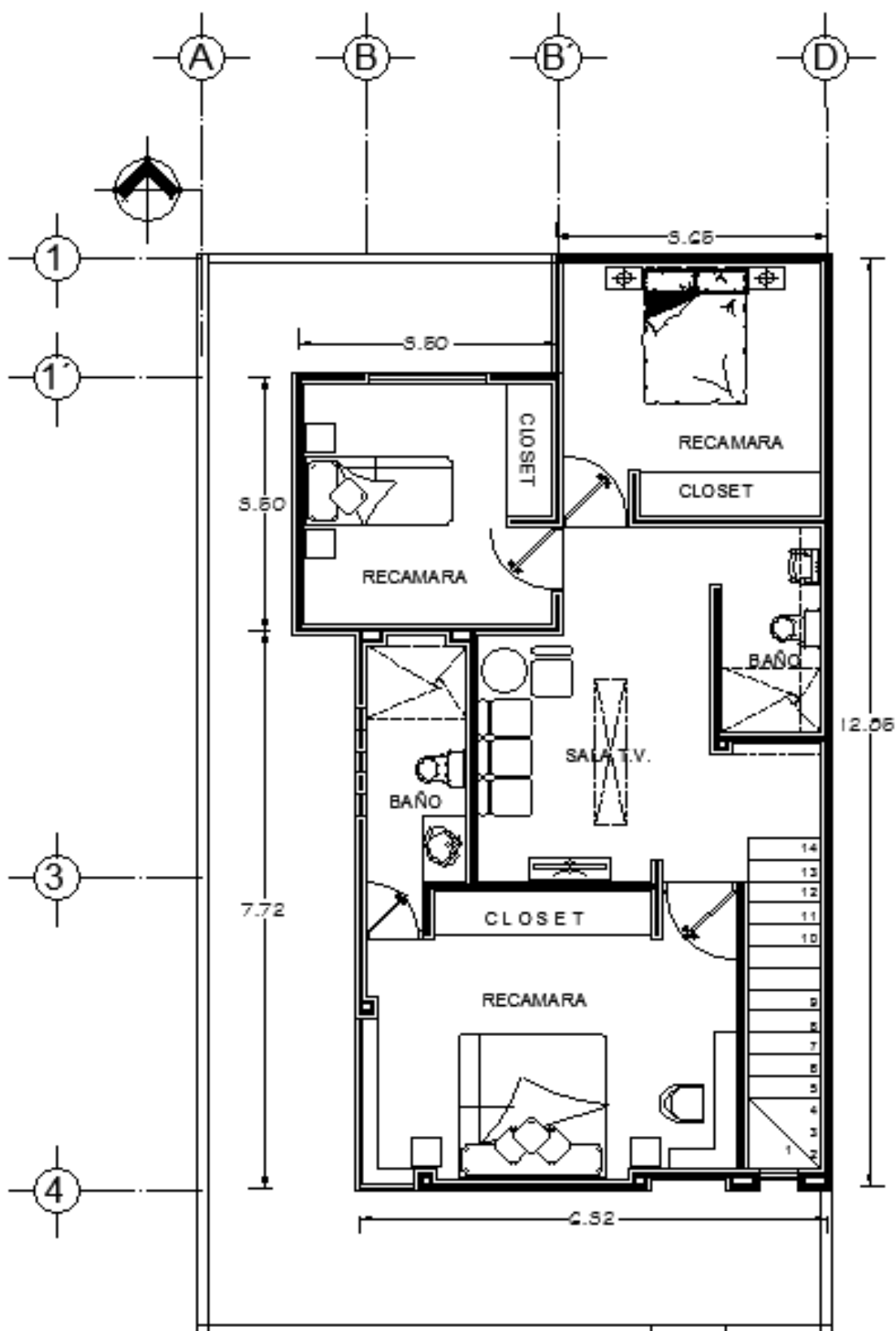


Figura 49. Planta Arquitectónica/Planta Baja +1 - Vivienda Social de 2 Niveles
Fuente: Empresa PREFACERO S.A. de C.V.

Capítulo IV

Análisis y Parámetros de confort en la construcción de la Vivienda Social

- 4.1** AMBIENTE INTERIOR Y CONFORT
- 4.2** TEORIAS PARA EL CONFORT EN LA EDIFICACION
- 4.3** TEMPERATURA RADIANTE MEDIA COMO PARAMETRO DEL CONFORT TERMICO

4.1 AMBIENTE INTERIOR Y CONFORT

La creación de un ambiente en el cual las condiciones térmicas sean mejores que en el exterior y que por consiguiente otorguen una sensación de confort a sus habitantes ha sido una de las prioridades del hombre a la hora de construir una vivienda o refugio. A día de hoy, el buscar mejorar estas condiciones térmicas ambientales sigue siendo una de los puntos más importantes dentro de la edificación.

El confort térmico tiene una gran influencia en el método con el cual se diseñan y se gestionan los edificios, así como en la cuantificación de la energía requerida para proporcionarle a dichos espacios los diferentes servicios requeridos para desarrollarse las distintas actividades humanas dentro de ellos y para las cuales han sido creados, teniendo por tanto impacto tanto en el medio ambiente como en los espacios construidos. (G. S. Brager & R.J. de Dear 1998).

El confort térmico se define en la Norma ISO 7730 como “Esa condición de la mente en la que se expresa la satisfacción con el ambiente térmico”. Se puede decir entonces que el hombre califica un ambiente confortable, si ningún tipo de incomodidad térmica está presente. La primera condición de confort es la neutralidad térmica, lo que significa que la persona no se siente ni frío ni calor.

No hay que olvidar que el criterio de confort está muy relacionado con valores culturales, estilos de vida e incluso niveles sociales. Por ejemplo, los modos tradicionales de vida en zonas de climas tropicales están relacionados directamente con respuestas de arquitectura bioclimática concretas, donde edificios ventilados naturalmente no solo dan sensación de confort a los ocupantes consumiendo menos energía, sino que también están relacionados con su cultura, manera de entender la relación interior-exterior e incluso la privacidad.

Al valorar el clima interior térmico, es preciso entender que el hombre no siente la temperatura del espacio, sino él siente la pérdida de energía del cuerpo. Los parámetros que deben medirse son aquellos que afectan la pérdida de energía. McPherson en 1962 definió los siguientes seis factores que afectan a la sensación térmica y que aún hoy son utilizados en la mayoría de los estándares.

Variables físicas.

1. Temperatura del aire. (°C)
2. Velocidad del aire. (m/s)
3. Humedad relativa. (%)
4. Temperatura media radiante. °C.

Variables personales.

5. Nivel de arropamiento. (clo)
6. Nivel de actividad. (met).

Por lo tanto se ve como cuatro de los seis factores que determinan el confort, le corresponden al ambiente.

4.2 TEORIAS PARA EL CONFORT EN LA EDIFICACION

Evolución del concepto de confort.

En la actualidad, existen dos teorías ampliamente aceptadas en relación con la definición de confort térmico. Por un lado se tiene la teoría del balance térmico y por otro la teoría adaptativa. La teoría del balance térmico está basada en estudios con cámaras climáticas, en las cuales las condiciones

del ambiente son constantes mientras que la teoría adaptativa hace referencia a estudios de campo en los cual se presentan muchas variaciones en relación a las condiciones ambientales.

Teoría del balance térmico - Fanger (1973)

Povl Ole Fanger (1934-2006), fue el creador de lo que se denomina la teoría del balance térmico, el cual va unido a los indicadores PMV/PPD. En 1973 Fanger publica los primeros trabajos sobre como las condiciones climáticas en interiores de edificios influyen sobre el ser humano y las distintas reacciones frente a estos cambios. Se definen por los parámetros que influyen al momento de tratar de alcanzar un confort térmico y los métodos para cuantificar dichos parámetros. Estos métodos fueron: el PMV (Predicted Mean Vote) voto medio previsto y el PPD (Percentage People Dissatisfied) porcentaje previsto de insatisfechos (Fanger 1973).

Los modelos de balance térmico, también llamados como estáticos o constantes, han sido la base utilizada para determinar la mayoría de los estándares de confort térmico actuales.

Experimentos en condiciones estáticas demostraron que, el disconfort por frío está relacionado con la temperatura media de la piel y que el disconfort por calor está relacionado con la humedad de la piel ocasionada por la generación de sudor. La insatisfacción puede ser causada como una sensación global o local de demasiado calor o frío. Estas relaciones son las bases para el modelo de confort propuesto por Fanger.

Origen del modelo estático

Las teorías de Fanger están basadas en experimentos realizados a 1296 jóvenes en cámaras térmicas, usando modelos estáticos de transferencia de calor. En estos estudios, la vestimenta y la actividad de los participantes, mientras eran expuestos a diferentes ambientes térmicos, estaba completamente estandarizada.

Los participantes debían indicar como ellos se sentían en relación al calor y el frío, usando los siete puntos de la escala de sensación térmica de ASHRAE, de (-3) hasta (+3), utilizando solo los valores enteros, representando los valores negativos sensación de frío, los positivos de calor y donde (0) se considera sensación térmica neutral.

Otra parte del estudio consistía en que los participantes controlaban las condiciones térmicas ambientales, ajustando estas hasta que se sintieran en confort.

El modelo de Fanger combina las teorías de balance térmico con la fisiología y la termorregulación para determinar un rango de temperaturas de confort en las cuales los ocupantes del edificio se sienten en confort. Mantener este balance de calor es la primera condición para conseguir una sensación térmica neutral. Sin embargo, Fanger observó que el sistema termorregulador del hombre es tan eficiente que es capaz de crear equilibrio térmico dentro de amplios límites de variables ambientales, incluso aunque no exista confort.

Para ser capaz de predecir las condiciones en las que tiene lugar la neutralidad térmica, Fanger investigó los procesos fisiológicos del cuerpo que se suceden cerca de la neutralidad. Finalmente determinó que los únicos procesos fisiológicos que influyen en el balance térmico en este contexto son la tasa de sudoración y la temperatura media de la piel, siendo estos procesos función del nivel de actividad.

Ecuación de Fanger para la obtención del PMV

$$PMV = [0,303 \cdot \exp(-0,036 \cdot M) + 0,028] \cdot \left\{ \begin{aligned} &(M - W) - 3,05 \cdot 10^{-3} \cdot [5\,733 - 6,99 \cdot (M - W) - p_a] - 0,42 \cdot [(M - W) - 58,15] \\ &- 1,7 \cdot 10^{-5} \cdot M \cdot (5\,867 - p_a) - 0,0014 \cdot M \cdot (34 - t_a) \\ &- 3,96 \cdot 10^{-8} \cdot f_{cl} \cdot [(t_{cl} + 273)^4 - (\bar{t}_r + 273)^4] - f_{cl} \cdot h_c \cdot (t_{cl} - t_a) \end{aligned} \right\}$$

* M es la actividad metabólica (W/m²)

* W Trabajo externo; generalmente cero (W/m²)

* Pa presión parcial de vapor de agua en Pa

* Fcl factor de superficie de la ropa

El resultado de esta ecuación describe el confort térmico como desequilibrio entre el flujo de calor actual del cuerpo en un ambiente térmico dado y el flujo de calor requerido para obtener un óptimo confort mientras se realiza una determinada actividad. Este resultado relaciona las condiciones térmicas con los siete puntos de la escala térmica de ASHARE, siendo conocido finalmente como índice de voto medio previsto (PMV). Posteriormente este índice fue relacionado con el índice de porcentaje previsto de insatisfechos (PPD). La relación entre ambos índices viene dada por la siguiente ecuación:

$$PPD = 100 - 95 \exp \left(- (0.03353PMV^4 + 0.2179PMV^2) \right)$$

El modelo PMV-PPD de Fanger supuso una ruptura en las teorías del confort térmico y la evaluación térmica de ambientes interiores. Es bastante utilizado y aceptado en el campo de la evaluación del confort térmico. Sin embargo se trata de un modelo estacionario, ya que es realizado en cámaras climáticas en las cuales se pueden controlar los distintos factores ambientales, por lo tanto no tiene en cuenta las variaciones de temperatura a lo largo del día y que solo es aplicable a humanos expuestos a un largo periodo de tiempo a dichas condiciones constantes y con una tasa metabólica igualmente constante (Fanger 1973).

Teoría del confort térmico adaptativo - De Dear. (1998).

El criterio adaptativo es el resultado de diversos estudios de campo realizados con el propósito de analizar la aceptabilidad de distintos ambientes térmicos, lo cual depende del contexto del mismo, el comportamiento de los ocupantes y sus expectativas.

A diferencia del modelo estático de confort térmico, en el modelo adaptativo las personas tienen un rol muy importante ya que ellas mismas crean sus propias preferencias térmicas a través de la forma en que ellas interactúan con el ambiente, modifican su comportamiento o gradualmente adaptando sus expectativas en relación del ambiente térmico en el que se encuentren (G. S. Brager & R.J. de Dear 1998).

En esta teoría adaptativa es posible distinguir tres categorías de adaptación térmica (R. De Dear et al. 1998):

1- Ajuste de comportamiento: Se trata de ajustes de actividad, poner y quitar ropa, regular aire acondicionado, dormir una siesta en día de calor, etc.

2- Fisiológicos: Una definición podría ser los cambios en la respuesta psicológica como resultado de la exposición a factores térmicos del medioambiente. Esto puede conducir a una disminución gradual de la tensión producida por esta exposición. Sin embargo estos procesos se dan con exposiciones prolongadas a condiciones extremas. Por lo tanto su influencia en la edificación no es muy significativa

3- Psicológicos: Se refiere a la percepción alterada y la posterior reacción a la información sensorial debido a experiencias pasadas y a las expectativas.

4.3 TEMPERATURA RADIANTE MEDIA COMO PARAMETRO DEL CONFORT TERMICO

La temperatura media radiante (TRM), vendría a ser la temperatura uniforme de un cuerpo negro con la que un individuo intercambia la misma cantidad de calor que con su entorno actual. Su valor se obtiene de en función de la temperatura del aire (t_a), la temperatura seca del aire (t_s) y la velocidad del aire (v_a).

$$T_{mr} = t_a + 0.24 (t_a - t_s) v_a^{1/2}$$

Como se puede entender de la expresión anterior, la temperatura radiante coincide con la temperatura del aire cuando la velocidad del aire es cero.

Así mismo la temperatura radiante hace referencia a la relación de intercambio de calor entre el cuerpo humano y los paramentos que lo rodean, planos verticales, superiores e inferiores. Uno de los puntos importantes en relación al confort y la temperatura radiante es la asimetría de los planos, la cual describe la diferencia de temperatura entre dos planos; superior e inferior, derecha o izquierda, etc.

Y se pudo determinar, según pruebas en cámaras climatizadas, que el paramento que más insatisfacción ocasionaba en las personas al experimentar un cambio de temperatura era el plano superior, cuando este se encontraba en altas temperaturas ocasionando una subida de calor en el entorno, por encima de los planos verticales que se encontraban a temperaturas frías, lo cual ocasionaba un aumento en la temperatura radiante media del espacio generando una sensación de discomfort en el individuo.

De este modo se puede ver que para lograr una neutralidad térmica en un entorno tiene que haber un equilibrio en el intercambio de calor entre el individuo y los paramentos del entorno en el que se encuentra.

Capítulo V

Análisis y Resultados de las evaluaciones de Cubiertas; Cubiertas Existentes y Cubiertas Propuestas.

5.1 CALCULO DE LA TEMPERATURA DE SUPERFICIAL EXTERIOR PARA CUBIERTAS EXISTENTES

5.2 CALCULO DE LA TEMPERATURA DE SUPERFICIE INTERIOR PARA CUBIERTAS EXISTENTES

5.3 CALCULO DE LA TEMPERATURA SUPERFICIAL INTERIOR PARA CUBIERTAS CON TIPOLOGIA VENTILADA

5.4 CALCULO DE LA TEMPERATURA SUPERFICIAL INTERIOR PARA CUBIERTAS TANTO VENTILADAS COMO NO VENTILADAS CON LA INCLUSION DE LÁMINAS REFLECTANTES

5.5 EVALUACION DE TIPOS DE CUBIERTAS; CONSTRUCCION CONVENCIONAL Y AMBITOS DE CONFORT

5.6 COMPARATIVA DE TIPOS DE CUBIERTAS EN LA CONSTRUCCION CONVENCIONAL EN AMBITOS DE CONFORT.

5.7 TEMPERATURA INTERIOR (Temperatura de Aire) Y TEMPERATURA SUPERFICIAL INTERIOR (Temperatura Radiante Media) EN RELACION CON EL CONFORT EN LA EDFICACION.

5.8 EVALUACION DE CUBIERTAS TANTO EXISTENTES COMO PROPUESTAS EN BASE A PORCENTAJE PREVISTO DE INSATISFECHOS, EN COMPARACION AL COSTO ECONOMICO DE LAS MISMAS.

5.1 CALCULO DE LA TEMPERATURA SUPERFICIAL EXTERIOR PARA CUBIERTAS EXISTENTES

La temperatura superficial exterior es la temperatura a la cual se encuentra el material que cubre el paramento de la cubierta, en el caso de El Salvador podría ser la chapa metálica galvanizada, la lámina de fibrocemento, chapa metálica con baño de zinc, entre otros. Para poder determinar la temperatura a la cual se encuentra dicho material a distintas hora del día en un día en específico, es necesario utilizar una fórmula que está compuesta por distintas variables tanto ambientales como propias de los materiales que se utilizan para la construcción de dichos paramentos; entre las variables ambientales se puede mencionar: la temperatura exterior del aire y la intensidad de radiación mientras que para las variables propias de cada uno de los materiales se encuentran la absorptividad y la transmitancia térmica.

Explicando un poco más cada una de estas variables mencionadas anteriormente; se entiende por temperatura exterior del aire a la temperatura que se encuentra el aire circundante a una determinada hora del día, en cambio la intensidad de radiación es la potencia de un conjunto de radiaciones electromagnéticas emitidas por el sol, la cual al igual que la temperatura exterior va en relación a las distintas horas del días y de la zona geográfica en que se encuentre.

La absorptividad es un valor propio de cada uno de los materiales y está definida como la fracción de radiación incidente sobre una superficie que es absorbida por ésta. Su valor está comprendido en el rango $0 < \alpha < 1$. Un cuerpo negro absorbe toda la radiación incidente sobre él, es un absorbente perfecto ($\alpha = 1$). la transmitancia térmica superficial es la medida del calor que fluye por unidad de tiempo y superficie, transferido a través de un sistema constructivo, formado por una o más capas de material, esta variable se mide en $W/m^2 \cdot ^\circ C$ o $W/m^2 \cdot K$.

Una vez determinados los valores que influyen en la obtención de la temperatura superficial exterior se pasó a determinar la formula a través de cual se llegaría a la obtención de la misma, siendo esta:

$$TSE = TE + (\alpha \cdot I / h)$$

TE = Temperatura Exterior

α = Absortividad

I = Intensidad de Radiación

h = Transmitancia térmica superficial

Con esta fórmula se puede tener un valor más exacto de la temperatura a la que se encuentra un determinado material, a una hora del día y en un día determinado así como la cantidad de radiación que se transmite a través de las diferentes capas que forman una determinada cubierta y que finalmente llega al espacio interior habitable, dicho valor sirve para encontrar una temperatura superficial interior lo más apegada a la realidad como sea posible.

Dia	Hora	Temperatura Ambiente (°C)	Intensidad Radiacion (Abril)	Material Techo Absortividad (Iam. Con baño de Zinc)	Transmitancia Termica superficial $W/m^2 \cdot ^\circ C$	Temperatura Superficial Exterior (°C) TSE
13-abr	6:00 AM	26	372	0,55	20	36,230
13-abr	11:00 AM	39	688	0,55	20	57,920
13-abr	12:00 PM	41	467	0,55	20	53,843
13-abr	3:00 PM	39	524	0,55	20	53,410
13-abr	5:00 PM	34	52	0,55	20	35,430

Figura 50. Resultados de los cálculos de Temperatura Superficial Exterior
Fuente: Elaboración Propia

5.2 CALCULO DE LA TEMPERATURA SUPERFICIAL INTERIOR PARA CUBIERTAS EXISTENTES

Para realizar el cálculo para determinar el confort térmico que se experimenta en la vivienda social actual en El Salvador se utilizó el método estacionario. El caso de estudio se planteó en la estación de verano y utilizando el método anteriormente mencionado se pudo determinar que la temperatura media a la cual generalmente se encontraba el interior de la vivienda está muy lejos de los rangos de confort mínimos. Se logró fijar una temperatura interior ideal de 28 °C, dicho valor se determinó tomando como base la temperatura del aire para un día en específico durante la estación de verano (época más calurosa) a la cual se le resto alrededor de 10 a 12 grados, debido a que si el intervalo entre la temperatura exterior del aire y la temperatura interior es muy amplio, los ocupantes pueden llegar a sufrir shocks por cambios bruscos de temperatura entre el interior y el exterior. La temperatura del aire la cual puede llegar a tener valores que rondan hasta los 40°C, lo cual dependiendo del tipo de materiales de construcción puede llegar hasta los 64 °C en lo que a temperatura superficial exterior se refiere, dichas condiciones climáticas se pueden experimentar en las zonas más cálidas del país, sobretodo en el extremo oriental.

Como se puede apreciar, se llegan a tener condiciones climáticas bastante extremas en ciertos sitios de territorio salvadoreño además de esto se tiene que tomar en cuenta que la construcción del paramento de la cubierta, la cual se decidió estudiar y tomar de base, ya que en esta ubicación geográfica y con las condiciones climáticas características de la zona, es el paramento que más expuesto se encuentra y el que mayor radiación solar recibe a lo largo del año debido a esto lo vuelve el elemento más desfavorable de la edificación y sobre el cual se tiene que realizar la mayor intervención para mejorar los parámetros de confort dentro de la vivienda.

En la construcción convencional de la vivienda social en el país, la cubierta está compuesta por materiales que generalmente son láminas metálicas con baño de zinc, laminas metálicas galvanizadas, aluminio, asbesto, fibrocemento, entre otras. La estructura de soporte que generalmente se utiliza se realiza a partir de elementos metálicos que varían dependiendo del constructor, sin embargo los elementos predilectos para realizar dichas funciones son los elementos metálicos laminados en frio así como los en caliente, el uso de los mismos depende del diseño de la vivienda.

Con respecto a la preocupación acerca del confort térmico dentro de la construcción convencional en cubiertas; el único elemento que se interpone al paso de la radiación entre la cubierta y el espacio interior habitable es el cielo falso, el cual está constituido por tableros de fibras de madera, placas de fibrocemento, cartón yeso, etc. Siendo estos los más utilizados para resolver dicha necesidad.

Para obtener la temperatura superficial interior, uno de los apartados más importantes son las propiedades de los elementos que conforman la cubierta como lo son la conductividad, el espesor y la densidad, con la finalidad de obtener el coeficiente de resistencia térmica para cada uno de los materiales. Así mismo se tomó como base una fórmula que trabaja en función a la resistencia térmica de los materiales así como el flujo de calor, dicha fórmula esta expresada de la siguiente manera:

$$- \quad TSI = 28 + 1/10 (TSE - 28 / (R_{t\text{material de recubrimiento cubierta}} + R_{t\text{Cielo Falso}} + 1/10))$$

RT= Coeficiente de Resistencia Térmica

TSE= Temperatura Superficial Interior

1/10= Coeficiente de Cubierta no Ventilada

28= Valor establecido para Temperatura Interior del Aire.

El primer paso que se realizó fue la obtención del coeficiente de resistencia térmica de cada uno de los elementos que se utilizan para la realización de la cubierta, lo cual se hizo en base a las propiedades características de cada uno de ellos; dicho coeficiente resulta de dividir la absorptividad entre el espesor de cada elemento. De esta manera se logra resolver las únicas incógnitas que se encontraban en dicha fórmula, ya que la temperatura superficial exterior es un valor conocido para esta instancia, ya que esta fue obtenida a través de la fórmula mencionada en el capítulo anterior. Finalmente ya con todas las incógnitas resueltas, se sustituyen los valores encontrados y se obtiene así la temperatura superficial interior en el elemento que está en contacto con el espacio interno donde se desarrollan las diferentes actividades cotidianas como se puede observar en la siguiente tabla.

- **Tabla de propiedades de los diferentes materiales utilizados tanto para recubrimiento de cubierta como para cielo falso**

Componente	Conductividad	Espesor	Densidad	Coeficiente Resistencia Termica
	W/m.°C	m	Kg/m3	W/m2.°C
Cubierta				
Zinc	112,2	0,002	7144	0,000018
Chapa Metalica	54	0,004	7688	0,000074
Aluminio	232	0,002	2700	0,000009
Lamina de Fibrocemento	0,93	0,006	2000	0,006452
Cielo Falso				
Placa Fibrocemento	0,93	0,004	2000	0,004301
Carton Yeso	0,18	0,015	900	0,083333
Tablero de Fibra de Madera	0,16	0,009	625	0,056250

Figura 51. Tabla de Propiedades de Materiales
Fuente: Elaboración Propia

El siguiente paso fue el de introducir la fórmula de TSI expuesta anteriormente en una hoja de cálculo en el programa Excel y tomando en cuenta diferentes escenarios, combinando materiales tanto para cubierta como cielo falsos y haciendo uso de la resistencia térmica de los mismos que se obtuvieron en la tabla anterior se pudo determinar la temperatura superficial interior que se experimenta en la capa del cielo falso que está en contacto con el espacio interno en consecuencia con el individuo.

- **Temperatura superficial interior (TSI) obtenida para cada uno de los materiales en combinacion con diferentes tipos de cielo falso. (Valores Expresados en °C)**

Temperatura Interior	TSI (C.F. fibrocemento y Cub. Lam. Fibrocemento)	TSI (C.F. Yeso y Cub. Lam. Fibrocemento)	TSI (Cielo falso fibrocemento y Cubierta Zinc)
28	38,1180	33,9046	35,8893
28	59,9848	46,6653	56,6813
28	54,7068	43,5853	52,7726
28	54,7280	43,5977	52,3580
28	35,0843	32,1342	35,1224

Figura 52. Resultados de Temperatura Superficial Interior para diferentes combinaciones de materiales
Fuente: Elaboración Propia

Temperatura Interior	TSI (C.F. fibrocemento y Cub. Chapa Metalica)	TSI (C.F. Carton Yeso y Cub. Zinc)	TSI (C.F. Carton Yeso y Cub. Chapa Metalica)
28	35,3504	32,4887	32,1830
28	55,6771	44,3184	43,7507
28	52,0881	42,0945	41,7083
28	45,4888	41,8587	37,9527
28	36,1399	32,0523	32,6323

Figura 53. Resultados de Temperatura Superficial Interior para diferentes combinaciones de materiales
Fuente: Elaboración Propia

Una vez analizados los resultados se puede observar que existe un claro escenario de falta de confort térmico en el interior de la vivienda social actual en El Salvador, ya que como se muestra en las tablas, en el mejor de los casos con un cielo falso de cartón yeso se llega a tener una temperatura de 32.05 °C, la cual aún sigue estando alejada de la temperatura mínima de confort que ronda los 28 °C como máximo, así mismo se ven escenarios en los que el decrecimiento de temperatura entre el exterior y la temperatura superficial interior es de tan solo 3.42 °C como en el escenario de la lámina de fibrocemento con un cielo falso del mismo material.

5.3 CALCULO DE LA TEMPERATURA SUPERFICIAL INTERIOR PARA CUBIERTAS DE TIPOLOGIA VENTILADA

Para la realización de los cálculos de las nuevas propuestas en las que se presenta un cambio de tipología de la cubierta, fue necesario reestructurar la fórmula utilizada, ya que esta fue diseñada en un principio para evaluar la temperatura superficial interior en cubiertas no ventiladas como las que se construyen actualmente en las viviendas de interés social en El Salvador.

$$- \quad TSI = 28 + 1/10(TSE - 28 / (RtMaterialRecubrimientoCubierta + RtCieloFalso + RCA + 1/10))$$

RT= Coeficiente de Resistencia Térmica

RCA= Coeficiente de Resistencia Térmica de Cámara Ventilada

TSI= Temperatura Superficial Interior

1/10= Coeficiente de Cubierta Ventilada

28= Valor establecido para Temperatura Interior del Aire.

Entre los cambios que se observan en la fórmula, la inclusión del coeficiente de resistencia térmica para cámaras ventiladas, el cual tiene un valor de 0.09, estipulado en las normas de la Secretaría de Estado de Infraestructuras, Transporte y Vivienda en su Dirección General de Arquitectura, Vivienda y Suelo en España. Dicho apartado es uno de los puntos clave en el desarrollo de esta fórmula, ya que en comparación con las cámaras no ventiladas las cuales tienen un coeficiente de resistencia térmica de 0.18, se observa una disminución del 50% de su coeficiente gracias a la circulación constante de aire que se da a través de la cámara ventilada, por tanto se logra disminuir la energía calorífica que se transmite por convección desde el material de recubrimiento de la cubierta a las capas que se encuentran más cercanas al espacio interior y en las cuales se ve reflejada la temperatura superficial interior.

5.4 CALCULO DE LA TEMPERATURA SUPERFICIAL INTERIOR PARA CUBIERTAS TANTO VENTILADAS COMO NO VENTILADAS CON LA INCLUSION DE LÁMINAS REFLECTANTES

Con este nuevo tipo de propuesta de cubierta, al incluir la lámina reflectante y debido a las características de la misma, se tuvo que realizar ciertos cambios en las formulas tanto para la obtención de la temperatura superficial interior como para la exterior.

Enfocándose primeramente en la definición de la fórmula para la obtención de la temperatura superficial exterior en la nueva capa de material reflexivo, uno de los factores clave que tuvo una influencia significativa en el desarrollo de la formula a utilizar para llevar a cabo los cálculos de esta nueva propuesta, fue la evaluación de la cubierta dividiéndola en dos bloques, un primer bloque conformado por el material de recubrimiento mientras que el otro, por la capa de materiales más cercana al espacio interior; el cual está compuesto por la lámina reflectante, el aislamiento resistivo y el material de cielo falso. Esta división se realiza tomando como punto clave la ubicación de lámina reflectante, la cual está en contacto directo con la cámara de aire de la cubierta, debido a que tiene propiedades y funciones similares a las realizadas por el material de recubrimiento de la misma, la cual sería la reflexión de la energía calorífica proveniente del ambiente con el cual interactúa, en este caso específico la cámara de aire.

A razón de estos factores aparece una variable de gran peso en la elaboración de la formula; dicha variable es la definición del ambiente exterior como tal a considerar en esta propuesta. Hasta este momento se había utilizado como ambiente exterior, el espacio que está en contacto con el material de recubrimiento mientras que ahora se utilizará como ambiente exterior la cámara de aire, ya que es el espacio con el que se encuentra en contacto la lámina reflectante; este cambio trae consigo incrementos en los valores de la temperatura del ambiente exterior a utilizar, ya que dicha temperatura presente en la cámara de aire está a un valor mayor que la del exterior, debido a que el material de recubrimiento de cubierta expuesto a la radiación solar, se calienta aumentando la temperatura del ambiente con el cual está en contacto; una vez sucedido esto comienza a ceder calor al interior, razón principal del aumento de la temperatura ambiente de la cámara, que sería equitativa a la temperatura superficial exterior presente en el material de recubrimiento de cubierta.

Esto trae consigo nuevas variantes así como puntos de atención entre los cuales se pueden mencionar: el coeficiente de resistencia térmica del material de recubrimiento de la cubierta pasa a ser sustituido en formula por el de la lámina reflectante, se realiza la reducción en un 50% del valor de la intensidad de radiación solar, dicho valor se vio disminuido por la razón que la lámina reflectante no se encuentra en contacto directo con el exterior, sino con la cámara de la cubierta que se encuentra en sombra como se mencionó anteriormente; debido a esta misma razón el coeficiente de resistencia térmica de la cámara ya no está presente en los cálculos ya que deja de actuar como un espacio de transición de la energía calorífica. Para realizar la función de espacio exterior con el que interactúa el nuevo material aislante.

La tipología de la cubierta sigue siendo un punto fundamental, ya que de ella depende el coeficiente de transmitancia térmica superficial, el cual pasa de ser un valor fijo de $20 \text{ W/m}^2\text{°C}$ como el que se utilizaba anteriormente, a depender de la tipología de cubierta a evaluar; $10 \text{ W/m}^2\text{°C}$ para cubiertas no ventiladas y $50 \text{ W/m}^2\text{°C}$ para ventiladas. Un comportamiento inverso se denota en relación al valor de absortividad a implementar en las nuevas evaluaciones, ya que pasa de ser un parámetro variable a uno fijo debido a que la única capa de recubrimiento con la cual se está tratando es la lámina reflectante.

Como ya se mencionó anteriormente, la temperatura ambiente a la cual se encuentra la cámara de la cubierta es equitativa a la temperatura superficial exterior presente en el material de recubrimiento de la cubierta, valores los cuales ya se han determinado a partir de los cálculos realizados anteriormente; dichos valores serán variables en función del tipo de recubrimiento de cubierta de la propuesta que se esté evaluando, ya sea lamina de fibrocemento, de chapa metálica galvanizada o chapa metálica con baño de zinc.

Diseño y Soluciones constructivas en la envolvente de la vivienda social en El Salvador: Estudio de la repercusión de la temperatura radiante en el confort térmico interior

Hora	Temperatura Ambiente (°C)	Intensidad Radiación en Camara W/m2 (Abril)	Material Lamina Reflectante Absortividad	Transmitancia Termica superficial W/m2.°C	Temperatura Ambiente de Camara(°C)	Temperatura Superficial Exterior en Lamina Reflectante TSE
6:00 AM	26	186	0,5	50	39,206	41,066
11:00 AM	39	344	0,5	50	63,424	66,864
12:00 PM	41	233,5	0,5	50	57,579	59,914
3:00 PM	39	139,5	0,5	50	57,602	58,997
5:00 PM	34	48	0,5	50	35,846	36,326

Figura 54. Resultados de Temp. Superficial Exterior en Lámina reflectante con cubierta de Fibrocemento
Fuente: Elaboración Propia

- $TSI = 28 + 1/10(TSE + 28 / (Rt_{MaterialRecubrimientoCubierta} + Rt_{CieloFalso} + 1/10))$

$RT =$ Coeficiente de Resistencia Térmica

$TSI =$ Temperatura Superficial Interior

$1/10 =$ Coeficiente de Cubierta Ventilada/ No Ventilada

$28 =$ Valor establecido para Temperatura Interior del Aire

- **Temperatura Superficial Interior para tipología de cubierta Ventilada con Aislamiento y Lamina Reflectante.**

TSI (Cub. Lam. Metalica Galvanizada, C.F. de fibrocemento, Lam. Reflectante, de tipo ventilada y 0.2 m de aislamiento de lana de ROCA)	TSI (Cub. Lam. Metalica Galvanizada, C.F. Carton Yeso, Lam. Reflectante, de tipo ventilada y 0.2 m de aislamiento de lana de ROCA)	TSI (Cub. Lam. Fibrocemento, C.F. fibrocemento, Lam. Reflectante, de tipo ventilada y 0.2 m de aislamiento de lana de ROCA)	TSI (Cub. Lam. Fibrocemento, C.F. Carton Yeso, Lam. Reflectante, de tipo ventilada y 0.2 m de aislamiento de lana de ROCA)	TSI (Cub. Lam. Metalica con baño de Zinc, C.F. de fibrocemento, Lam. Reflectante, de tipo ventilada y 0.2 m de aislamiento de lana de ROCA)	TSI (Cub. Lam. Metalica con baño de Zinc, C.F. Carton Yeso, Lam. Reflectante, de tipo ventilada y 0.2 m de aislamiento de lana de ROCA)
28,163	28,161	28,272	28,267	28,175	28,172
28,608	28,598	28,808	28,795	28,629	28,619
28,528	28,519	28,664	28,653	28,542	28,533
28,515	28,507	28,644	28,634	28,531	28,523
28,154	28,151	28,173	28,170	28,155	28,153

Figura 55. Resultados Temperatura Superficial Interior Cub. Ventilada con Aislamiento y Lámina Reflectante
Fuente: Elaboración Propia

- **Temperatura Superficial Interior para tipología de cubierta No Ventilada con Aislamiento y Lamina Reflectante**

TSI (Cub. Lam. Metalica Galvanizada, C.F. de fibrocemento, Lam. Reflectante, tipo no ventilada y 0.2 m de aislamiento de lana de ROCA)	TSI (Cub. Lam. Metalica Galvanizada, C.F. Carton Yeso, Lam. Reflectante, tipo no ventilada y 0.2 m de aislamiento de lana de ROCA)	TSI (Cub. Lam. Fibrocemento, C.F. fibrocemento, Lam. Reflectante, tipo no ventilada y 0.2 m de aislamiento de lana de ROCA)	TSI (Cub. Lam. Fibrocemento, C.F. Carton Yeso, Lam. Reflectante, tipo no ventilada y 0.2 m de aislamiento de lana de ROCA)	TSI (Cub. Lam. Metalica con baño de Zinc, C.F. de fibrocemento, Lam. Reflectante, tipo no ventilada y 0.2 m de aislamiento de lana de ROCA)	TSI (Cub. Lam. Metalica con baño de Zinc, C.F. Carton Yeso, Lam. Reflectante, tipo no ventilada y 0.2 m de aislamiento de lana de ROCA)
28,426	28,419	28,190	28,187	28,179	28,176
29,094	29,076	28,658	28,647	28,636	28,626
28,858	28,844	28,562	28,552	28,547	28,538
28,760	28,748	28,543	28,534	28,526	28,518
28,213	28,210	28,159	28,157	28,158	28,155

Figura 56. Resultados Temperatura Superficial Interior Cub. No Ventilada con Aislamiento y Lámina Reflectante
Fuente: Elaboración Propia

5.5 EVALUACION DE TIPOS DE CUBIERTAS; CONSTRUCCION CONVENCIONAL Y AMBITOS DE CONFORT.

Como se pudo observar en los cálculos expresados anteriormente, y a través de la utilización de las formulas expuestas, se puede identificar un claro escenario de desconfort térmico en el interior de las viviendas experimentándose temperaturas muy elevadas para poder desarrollarse las distintas actividades en el interior de estas.

En el entorno de la construcción en El Salvador al momento de la realización de cubiertas se han utilizado de manera más frecuente, tres tipos de materiales diferentes para el recubrimiento de estas como lo son: las láminas metálicas galvanizadas, láminas metálicas con baño de zinc y las láminas de fibrocemento los cuales tienen la función de recubrimiento de la misma. Otra de las capas que componen el sistema constructivo de cubierta actualmente es el cielo falso o cielorraso, dichos elementos son utilizados dentro del ámbito constructivo con el fin de disminuir la altura de los espacios interiores, ocultar la cubierta y los elementos que la componen, ocultar instalaciones eléctricas ya que el espacio entre la cubierta y este elemento es el que usualmente se utiliza para la colocación del sistema eléctrico, además de ser la única capa que realiza funciones de carácter térmico dentro del sistema constructivo ya que interviene en el paso de radiación hacia el interior de la vivienda. Los elementos con los cuales comúnmente son realizados dichos cielos falsos son paneles de cartón yeso o placas de fibrocemento, ya que opciones como los paneles de madera vienen a ser poco utilizados en este tipo de construcción.

Debido a esto, la presente evaluación se realiza con el fin de poder determinar las distintas condiciones que ofrecen cada uno de estos materiales con sus distintas combinaciones con el fin de determinar los escenarios de confort que en estas se experimentan.

Las combinaciones que se evaluarán en el presente trabajo se dividen en:

- Cubierta de Lámina Metálica Galvanizada con Cielo Falso de Placas de Fibrocemento
- Cubierta de Lámina Metálica Galvanizada con Cielo Falso de Placas de Cartón Yeso
- Cubierta de Lámina Metálica con baño de Zinc con Cielo Falso de Placas de Fibrocemento
- Cubierta de Lámina Metálica con baño de Zinc con Cielo Falso de Placas de Cartón Yeso
- Cubierta de Lámina de Fibrocemento con Cielo Falso de Placas de Fibrocemento.
- Cubierta de Lámina de Fibrocemento con Cielo Falso de Placas de Cartón Yeso.

La evaluación de las distintas propuestas se llevará a cabo a partir de ciertos parámetros, tanto climáticos como característicos de cada uno de los materiales de construcción, entre los cuales se encuentran: selección de un día determinado preferentemente en la estación de verano ya que como se hace mención en el capítulo 2 de este documento, es uno de los meses más calurosos del año, y en el cual mayores temperaturas a lo largo del día se llegan a experimentar, sin embargo para realizar un análisis más minucioso, para el día seleccionado se determinaron cinco diferentes horas a evaluar así como la temperatura ambiente y la intensidad de radiación en dichas horas, todos estos puntos mencionados anteriormente comprenderían los parámetros climáticos, los cuales son referentes de cada lugar. Con respecto a los parámetros característicos que conforman cada material, se tomaron en cuenta ciertas propiedades como la absorptividad, conductividad, espesor, coeficiente de resistencia térmica, etc.

Cabe destacar que dicha evaluación se realizó a partir de las formulas de la Temperatura Superficial Interior y Temperatura Superficial Exterior, las cuales se explican en el presente capítulo.

En las siguientes tablas se expresan los datos obtenidos con relación a las Temperatura Superficial Exterior en cada una de las diferentes cubiertas.

Diseño y Soluciones constructivas en la envolvente de la vivienda social en El Salvador: Estudio de la repercusión de la temperatura radiante en el confort térmico interior

- Cubierta de Lamina de Fibrocemento

Dia	Hora	Temperatura Ambiente (°C)	Intensidad Radiacion (Abril)	Material Techo Absortividad (lam. Fibrocemento)	Transmitancia Termica superficial W/m2.°C	Temperatura Superficial Exterior (°C) TSE
13-abr	6:00 AM	26	372	0,71	20	39,206
13-abr	11:00 AM	39	688	0,71	20	63,424
13-abr	12:00 PM	41	467	0,71	20	57,579
13-abr	3:00 PM	39	524	0,71	20	57,602
13-abr	5:00 PM	34	52	0,71	20	35,846

Figura 57. Resultados de Temperatura Superficial Exterior de Cubierta Lámina Fibrocemento
Fuente: Elaboración Propia

- Cubierta Lámina Metálica Galvanizada

Dia	Hora	Temperatura Ambiente (°C)	Intensidad Radiacion W/m2 (Abril)	Material Techo Absortividad (Chapa Metalica)	Transmitancia Termica superficial W/m2.°C	Temperatura Superficial Exterior (°C) TSE
13-abr	6:00 AM	26	372	0,52	20	35,672
13-abr	11:00 AM	39	688	0,52	20	56,888
13-abr	12:00 PM	41	467	0,52	20	53,142
13-abr	3:00 PM	39	279	0,52	20	46,254
13-abr	5:00 PM	34	96	0,52	20	36,496

Figura 58. Resultados de Temperatura Superficial Exterior de Cubierta Lámina Metálica Galvanizada
Fuente: Elaboración Propia

- Cubierta Lámina Metálica con baño de Zinc

Dia	Hora	Temperatura Ambiente (°C)	Intensidad Radiacion (Abril)	Material Techo Absortividad (lam. Con baño de Zinc)	Transmitancia Termica superficial W/m2.°C	Temperatura Superficial Exterior (°C) TSE
13-abr	6:00 AM	26	372	0,55	20	36,230
13-abr	11:00 AM	39	688	0,55	20	57,920
13-abr	12:00 PM	41	467	0,55	20	53,843
13-abr	3:00 PM	39	524	0,55	20	53,410
13-abr	5:00 PM	34	52	0,55	20	35,430

Figura 59. Resultados de Temperatura Superficial Exterior de Cubierta Lámina Metálica con baño de Zinc
Fuente: Elaboración Propia

Cabe destacar que estos datos serán utilizados tanto para la evaluación de las cubiertas existentes como de las propuestas que se expondrán más adelante en este trabajo.

Al estudiar más a fondo dichas tablas, se pueden obtener ciertas conclusiones, entre las cuales se mencionan: el material más desfavorable con el cual se construyen actualmente las cubiertas es la lámina de fibrocemento ya que tiene una mayor absorptividad que las de tipo metálica, lo cual hace que aumente su temperatura siendo está mucho más elevada que la temperatura del ambiente ya que el material en cuestión está sufriendo la incidencia de la radiación solar, dicho fenómeno hace que se caliente el material, llegando a valores por encima de dicha temperatura ambiente. Así mismo

se determinó una transmitancia térmica superficial con un valor estándar de 20 W/m. °C debido al contacto del material con el exterior.

Otra de las conclusiones sería que entre las cinco horas seleccionada, las once de la mañana es la hora en que mayor temperatura así como intensidad de radiación se experimenta lo cual llevará por consecuencia a una mayor temperatura superficial exterior en el material, llegando hasta los 63.42 °C para la lámina de fibrocemento

Estos resultados llevan a poder realizar ciertas reflexiones en relación a la temperatura superficial interior (TSI) y a la temperatura interior (TI) y los aspecto de diseño a introducir para las nuevas propuestas de cubierta y así poder disminuir en gran medida la temperatura superficial exterior (TSE) ya que este es uno de los valores de mayor importancia a la hora de realizar los cálculos para obtener estas temperaturas mencionadas anteriormente.

Entre los tipos de cubiertas que se evaluarán además de la combinación de materiales expuestas anteriormente, se harán nuevas propuestas para mejorar los claros escenarios de disconfort disminuyendo así la temperatura superficial interior y llevando consigo una mejora de las condiciones en las cuales se desarrollan las diferentes actividades.

Entre las propuestas de mejora para dichas cubiertas se pueden mencionar:

- 1) Utilización de la cubierta existente a la cual se le hace la inclusión de una cámara ventilada.
- 2) Utilización de la cubierta existente con la inclusión de material aislante.
- 3) Realización de una propuesta de cubierta que sea ventilada y que además posea material aislante.
- 4) Realización de una propuesta de cubierta que sea ventilada, con material aislante y la inclusión de una lámina reflectante.
- 5) Realización de una propuesta de cubierta que sea de carácter no ventilada, pero con material aislante y la inclusión de una lámina reflectante.
- 6) Realización de una propuesta de cubierta que sea de carácter ventilada, pero sin material aislante y la inclusión de una lámina reflectante.
- 7) Realización de una propuesta de cubierta que sea de carácter no ventilada, pero sin material aislante y la inclusión de una lámina reflectante.

Como se pudo observar en el análisis de la Temperatura Superficial Interior que se hizo anteriormente con respecto a cómo se comporta térmicamente la cubierta con cada una de sus combinaciones de materiales tanto en lo que ha recubrimiento como ha cielo falso se refiere, se determinó que actualmente las temperaturas que se experimentan son demasiado elevadas para que se pueda lograr es el más mínimo grado de confort interior y que a través de la implementación de nuevos criterios de diseño para la construcción de estas, se podrían lograr mejorar las condiciones que dentro de estos espacios se experimentan y a las cuales están expuestas los usuarios.

El grado de intervenciones que se plantea para poder alcanzar dichas mejoras van desde intervenciones leves en las cuales se trata que con pequeñas mejoras proporcionar mejores situaciones de confort hasta otras en las cuales se hace una intervención en el sistema constructivo de la cubierta tanto en la tipología como en relación al número de capas que la componen.

PROPUESTA 1: UTILIZACION DE LA CUBIERTA EXISTENTE CON LA INCLUSION DE UNA CAMARA VENTILADA.

Para la primera intervención se busca que sea de carácter leve en el que número de capas por las que está formada la cubierta se mantenga, sin embargo se propone un cambio en la tipología de la misma, pasando de ser una cubierta no ventilada a una de carácter ventilado.

Con la inclusión de la cámara ventilada lo que se pretende lograr es reducir la transferencia de calor proveniente de la envolvente el cual tiene una temperatura mayor que la temperatura encontrada en el ambiente, hacia el cielo falso, simplemente debido a que el calor es transmitido a través del aire y al tener una cámara ventilada, el movimiento continuo de aire hace que dicho aire caliente irradiado por la envolvente sea expulsado hacia exterior y renovado con un nuevo aire.

El aire renovado que se encuentra a temperatura ambiente gracias a este fenómeno se logra eliminar el excedente de flujo de calor proveniente del techo, lo cual hará que se experimente una reducción en la temperatura superficial interior a la que se encuentra el cielo falso y a la que estaría en contacto el individuo dentro del espacio.

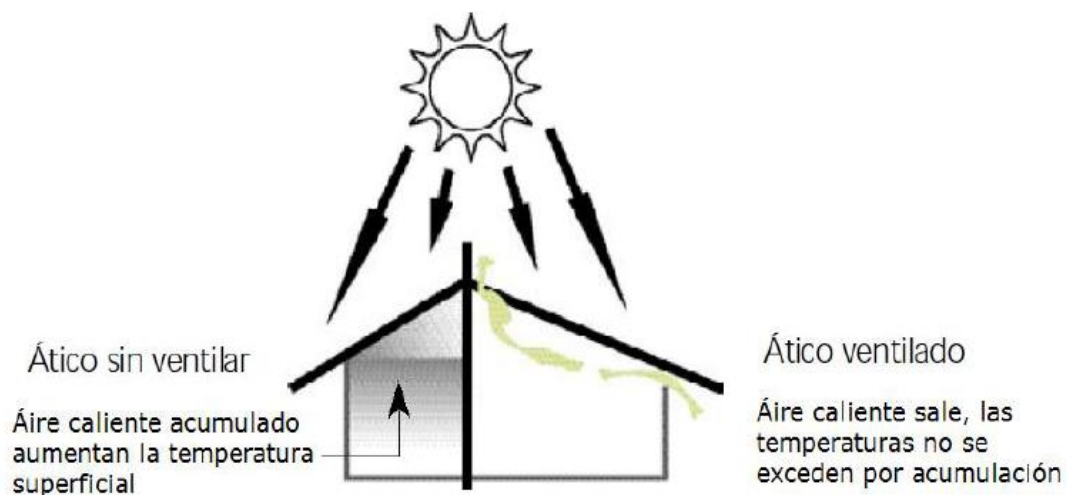


Figura 60. Comparación entre cubierta ventilada y no ventilada
Fuente: Green Seal, Energy Star Home Project.

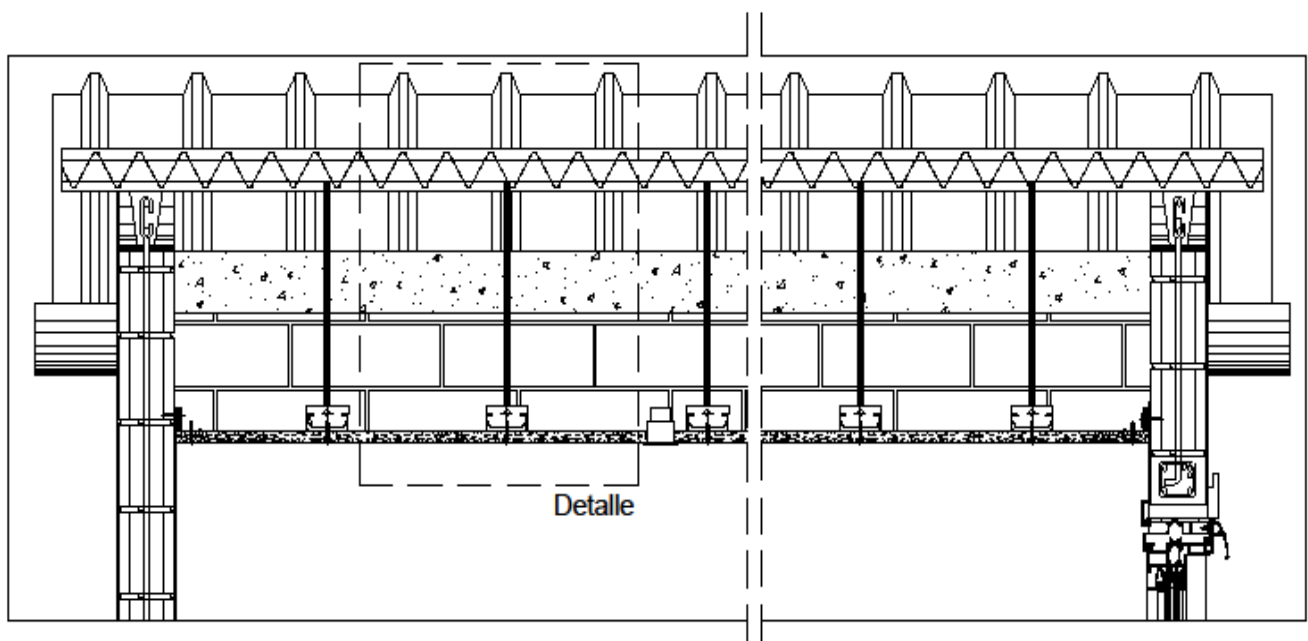


Figura 61. Sección Longitudinal Propuesta 1
Fuente: Elaboración Propia

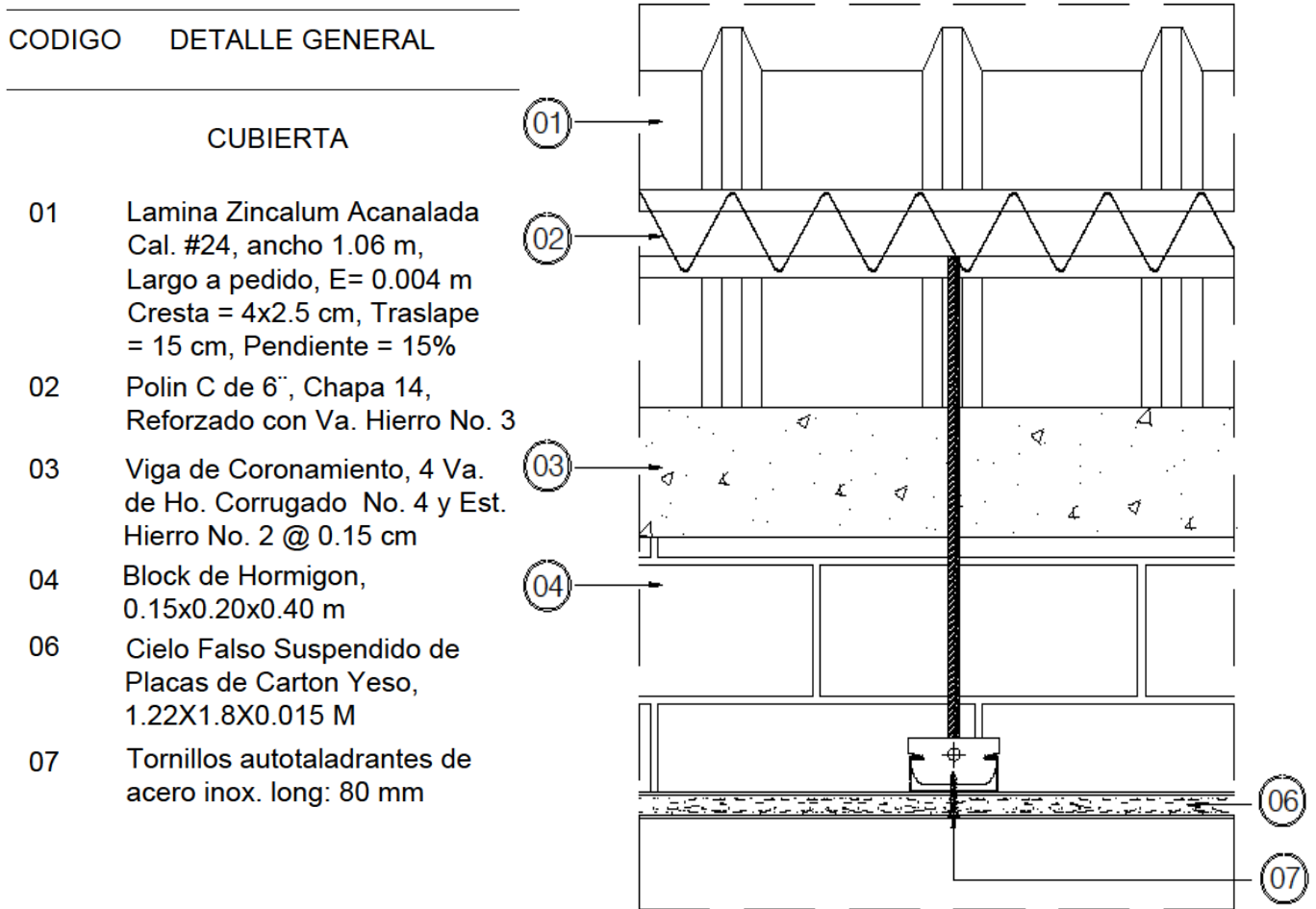


Figura 62. Acercamiento de Detalle Propuesta 1
Fuente: Elaboración Propia

- *Tipología Ventilada*

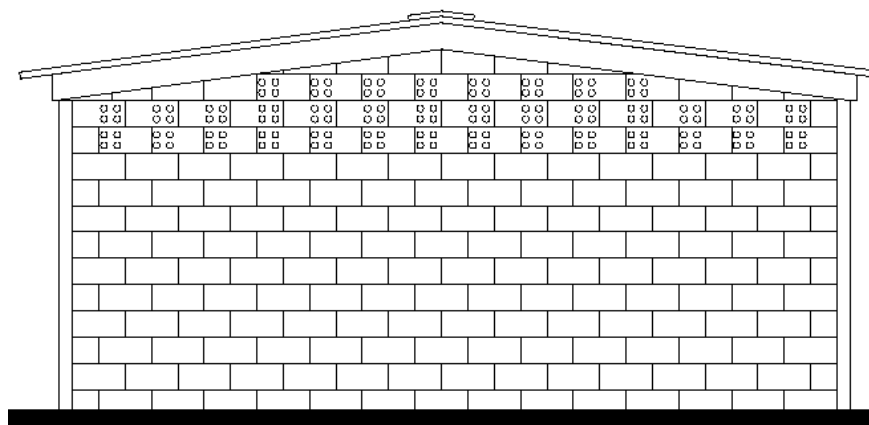


Figura 63. Detalle de Tipología Propuesta 1
Fuente: Elaboración Propia

Diseño y Soluciones constructivas en la envolvente de la vivienda social en El Salvador: Estudio de la repercusión de la temperatura radiante en el confort térmico interior

- *Tabla de Resultados de Propuesta.*

Hora	Cub. Lam. Fibrocemento, C.F. Placas de fibrocemento con camara ventilada.	Cub. Lam. Fibrocemento, C.F. Placas de Yeso con camara ventilada.	Cub. Lam. Metalica con Baño de Zinc, C.F. Placas de fibrocemento con camara ventilada.	Cub. Lam. Metalica Natural, C.F. Placas de fibrocemento con camara ventilada.	Cub. Lam. Metalica con Baño de Zinc, C.F. Placas de Yeso con camara ventilada.	Cub. Lam. Metalica Natural, C.F. Placas de Yeso con camara ventilada.
6:00 AM	35,4520	33,9012	33,59	33,2124	32,4087	32,1092
11:00 AM	51,5569	46,6548	48,33	47,6267	44,0278	43,4726
12:00 PM	47,6696	43,5764	45,56	45,0816	41,8435	41,4663
3:00 PM	47,6853	43,5888	45,27	40,4019	41,6119	37,7770
5:00 PM	33,2176	32,1318	33,05	33,7722	31,9802	32,5505

Figura 64. Resultados de Temp. Superficial Interior de las diferentes combinaciones de materiales en Propuesta 1
Fuente: Elaboración Propia

Como se puede ver aunque existe una disminución en la temperatura superficial interior llegándose a reducir en hasta 8.43 °C en relación a las cubiertas existentes, se siguen experimentando temperaturas elevadas de hasta 51.55 °C las cuales no son óptimas para poder alcanzar las condiciones adecuadas de confort ya que aún están bastante alejados de los 28 °C que se establecieron como punto de referencia para lograr dicho confort, pero a pesar de ellos es una intervención que supondría un bajo coste y más aún una mejoría de las temperaturas en relación con las experimentadas actualmente. Esta propuesta se podría plantar en caso de no poseer una gran cantidad de recursos disponibles para la construcción de dichas viviendas.

- *Comparación Temperatura Superficial Interior en cubiertas con cielo falso de Placas de Fibrocemento.*

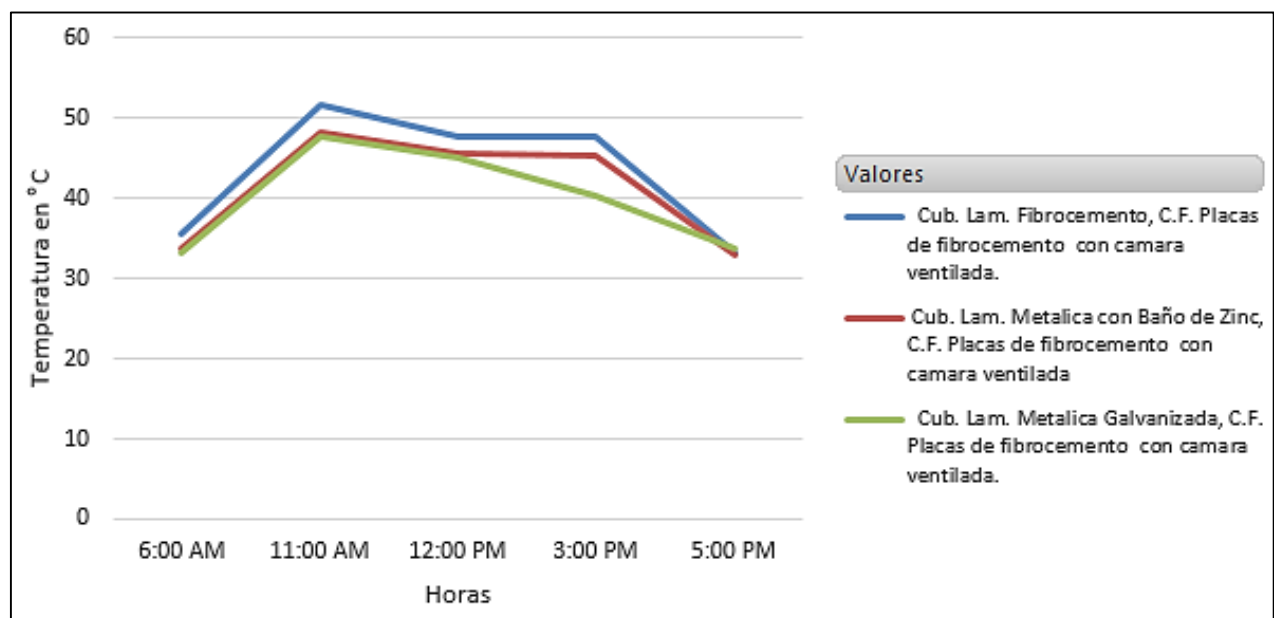


Figura 65. Grafica de Resultados Temperatura Superficial Interior cielo falso de Placas Fibrocemento Propuesta 1
Fuente: Elaboración Propia

- Comparación Temperatura Superficial Interior en cubiertas con cielo falso de Placas de Yeso.

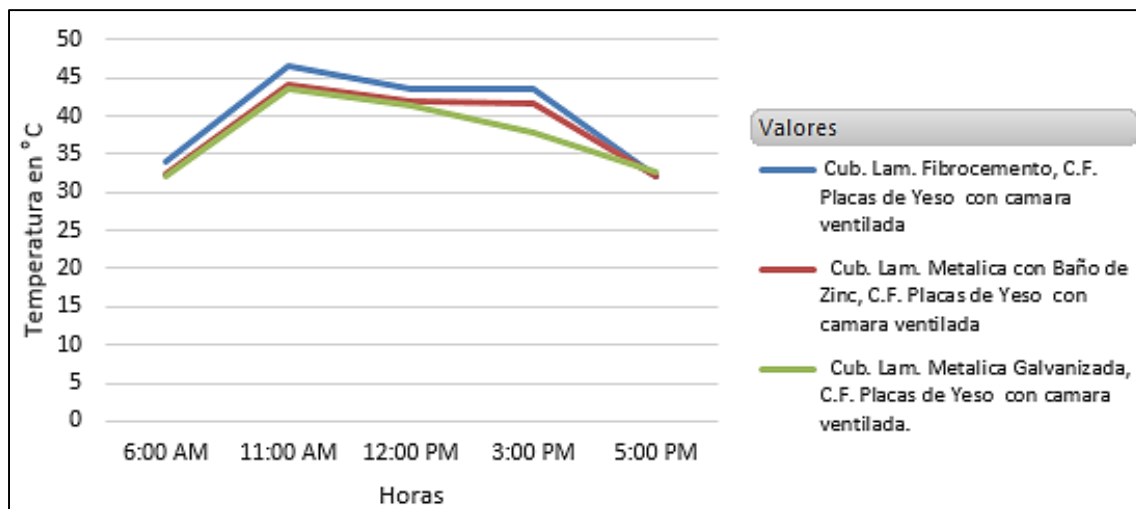


Figura 66. Grafica de Resultados Temperatura Superficial Interior cielo falso de Placas de Yeso Propuesta 1
Fuente: Elaboración Propia

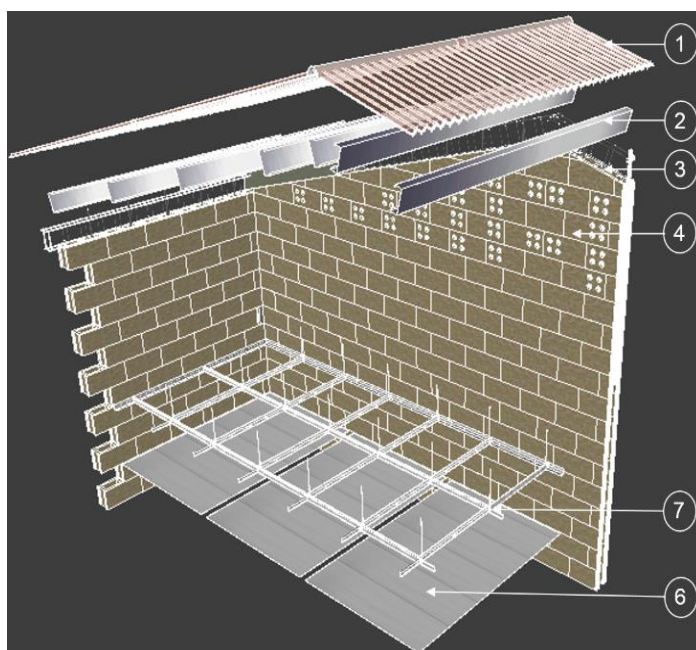


Figura 67. Propuesta en 3 dimensiones Propuesta 1
Fuente: Elaboración Propia

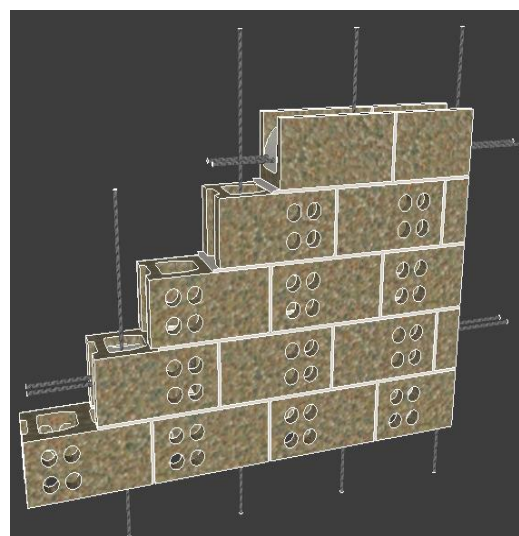


Figura 68. Sistema Constructivo Detalle Propuesta 1
Fuente: Elaboración Propia

PROPUESTA 2: UTILIZACION DE LA CUBIERTA EXISTENTE DE TIPOLOGIA NO VENTILADA CON LA INCLUSION DE MATERIAL AISLANTE

Para esta intervención lo que se plantea es no modificar la tipología de la cubierta, más aún si se plantea que a través de la añadidura de nuevas capas, poder disminuir la temperatura superficial interior que se experimenta de momento. La propuesta en cuestión sería la de insertar una capa de material aislante. Este tipo de material posee una elevada resistencia térmica lo que es igual a una baja conductividad, los cuales tienen la finalidad de reducir el flujo de energía calorífica en los cerramientos funcionando como una barrera de paso entre dos capas que tenderían a igualarse en

temperaturas. Gracias a esto se logra reducir el efecto de transmisión de calor por radiación dentro de las cámaras de aire reduciendo hasta en un 95% la ganancia de calor radiante producida por el sol.

Entre las principales funciones de los materiales aislantes se encuentran las siguientes:

- **Minimizar el paso de calor** a través de los cerramientos, reteniendo el calor en el interior de los edificios (aislamiento del frío) o evitando su ingreso (aislamiento del calor) el cual sería dicho caso.
- **Controlar las temperaturas superficiales** de los cerramientos, manteniéndolas suficientemente altas para evitar las condensaciones, o suficientemente bajas para evitar elevadas temperaturas radiantes interiores.
- **Modificar la inercia térmica** de los cerramientos. En este caso los materiales aislantes generalmente se usan en combinación con materiales de elevada masa térmica. El comportamiento del cerramiento será muy diferente si la capa aislante se ubica hacia el interior o el exterior.

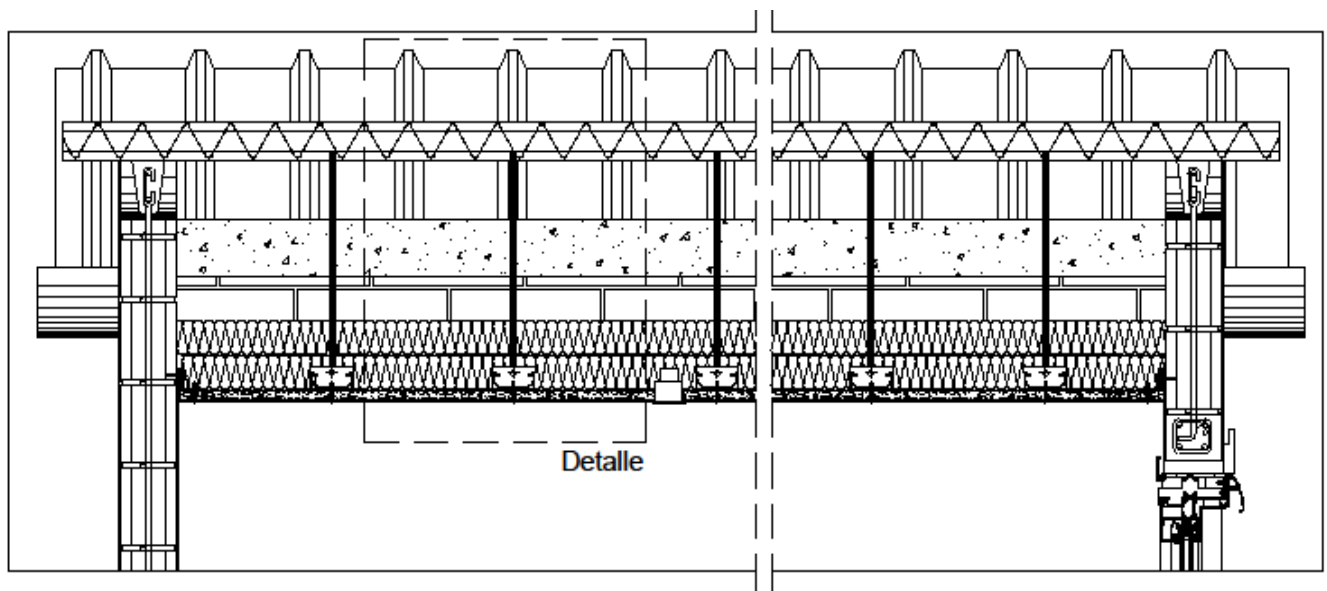


Figura 69. Sección Longitudinal Propuesta 2
Fuente: Elaboración Propia

- *Tipología No Ventilada*

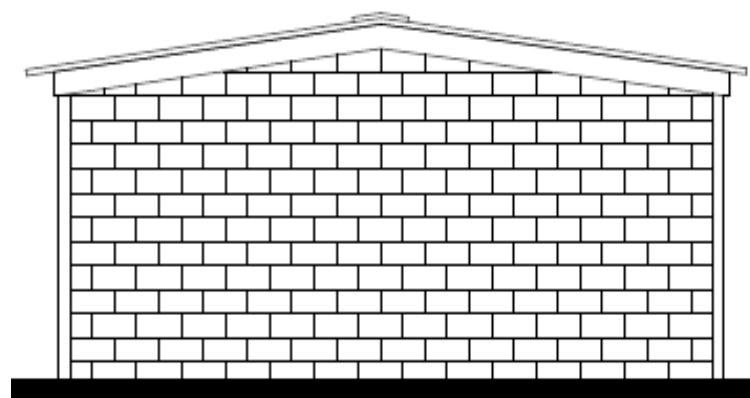


Figura 70. Detalle de Tipología Propuesta 2
Fuente: Elaboración Propia

Según cálculos realizados, se definió que una capa con un espesor de 20 centímetros de material aislante resolvía de manera efectiva las necesidades planteadas, ya que tanto el espesor como las temperaturas a solventar van de la mano, para que de esta manera no declinarse por un uso excesivo de material lo cual en lugar de mejorar las condiciones interiores disminuyendo supuestamente aún más las temperaturas hace que la efectividad del mismo se reduzca, debido a que no es un factor establecido que a mayor espesor de material mayor aislamiento térmico.

Una vez establecido lo anterior el siguiente paso fue elegir el tipo de aislante con el cual se va a trabajar con lo que se declinó por la lana de roca; el cual es un material que entre en la rama de los aislamientos *resistivos*; estos aislamientos se caracterizan por depender en gran medida del espesor del material aislante e incluyen en ellos todos los materiales que posean una conductividad térmica inferior a $0.06 \text{ W/m}^2\text{C}$ y una resistencia térmica superior a $0.5 \text{ m}^2\text{C/W}$ (en este último parámetro es en el que entra en juego el espesor del material).

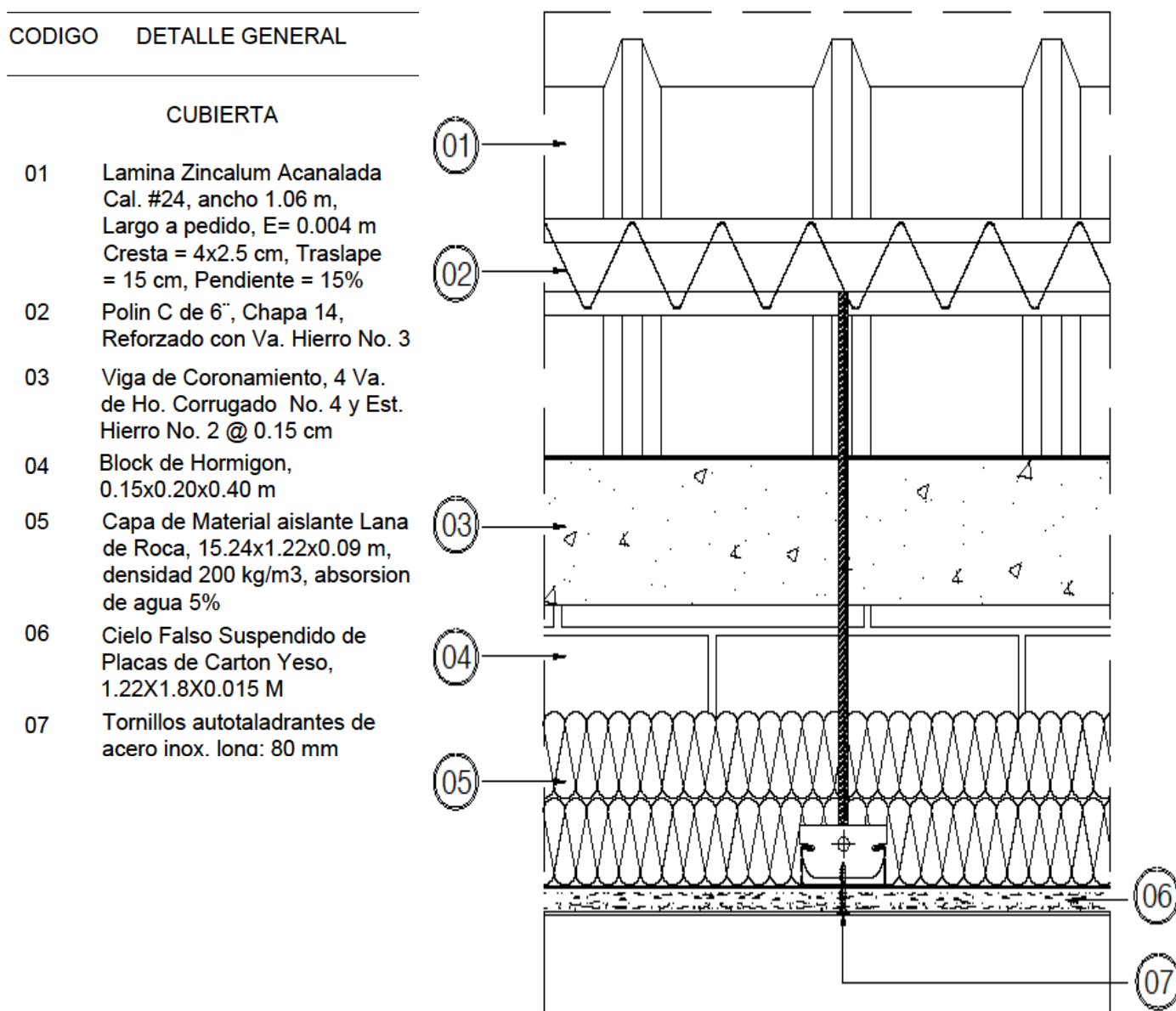


Figura 71. Acercamiento de Detalle Propuesta 2
Fuente: Elaboración Propia

Otras de las razones por las que se ha elegido este material son: es un material sustentable al medio ambiente, se caracteriza por un método simple de colocación y de fácil reciclaje lo cual no generaría mayor complicación en el ámbito constructivo. El proceso que se llevaría a cabo comprendería la colocación del material aislante dentro de la cámara no ventilada de la cubierta haciendo uso de la estructura del cielo falso como soporte para esta nueva capa.

Sin embargo entre las desventajas que se pueden mencionar con este tipo de cubierta serían su tipología; ya que se está haciendo referencia a una cubierta de tipo no ventilada, con la cual a diferencia del caso expuesto anteriormente no se tendría la posibilidad de la renovación constante de aire. Como consecuencia se estará expuesto a un mayor porcentaje de radiación de calor proveniente del techo la cual no se podría eliminar evitando así que la disminución de temperaturas gracias a este recurso no se vea reflejada, igualmente las cámaras no ventiladas y no transitables como a la que se hace referencia genera fácilmente la acumulación de polvo en su interior, lo cual hace que se reduzca la eficiencia de los materiales aislantes y de la solución constructiva en general.

- *Tabla de Resultados de Propuesta*

Hora	Cub.Chapa Metalica Natural, C.F. fibrocemento y 0,2 cm Aislamiento Lana de Roca	Cub.Chapa Metalica Natural, C.F. placas de Yeso y 0,2 cm Aislamiento Lana de Roca	Cub.Chapa Metalica con Baño de Zinc, C.F. fibrocemento y 0,2 cm Aislamiento Lana de Roca	Cub.Chapa Metalica con Baño de Zinc, C.F. placas de Yeso y 0,2 cm Aislamiento Lana de Roca	Cub.Lam. Fibrocemento, C.F. fibrocemento y 0,2 cm Aislamiento Lana de Roca	Cub.Lam. Fibrocemento, C.F. placas de Yeso y 0,2 cm Aislamiento Lana de Roca
6:00 AM	28,1648	28,1622	28,1768	28,1740	28,2404	28,2367
11:00 AM	28,6207	28,6109	28,6429	28,6327	28,7601	28,7481
12:00 PM	28,5402	28,5317	28,5553	28,5465	28,6347	28,6246
3:00 PM	28,3922	28,3860	28,5460	28,5373	28,6352	28,6251
5:00 PM	28,1825	28,1797	28,1596	28,1571	28,1684	28,1657

Figura 72. Resultados de Temp. Superficial Interior de las diferentes combinaciones de materiales en Propuesta 2
Fuente: Elaboración Propia

- *Comparación Temperatura Superficial Interior en cubiertas con cielo falso de Placas de Fibrocemento.*

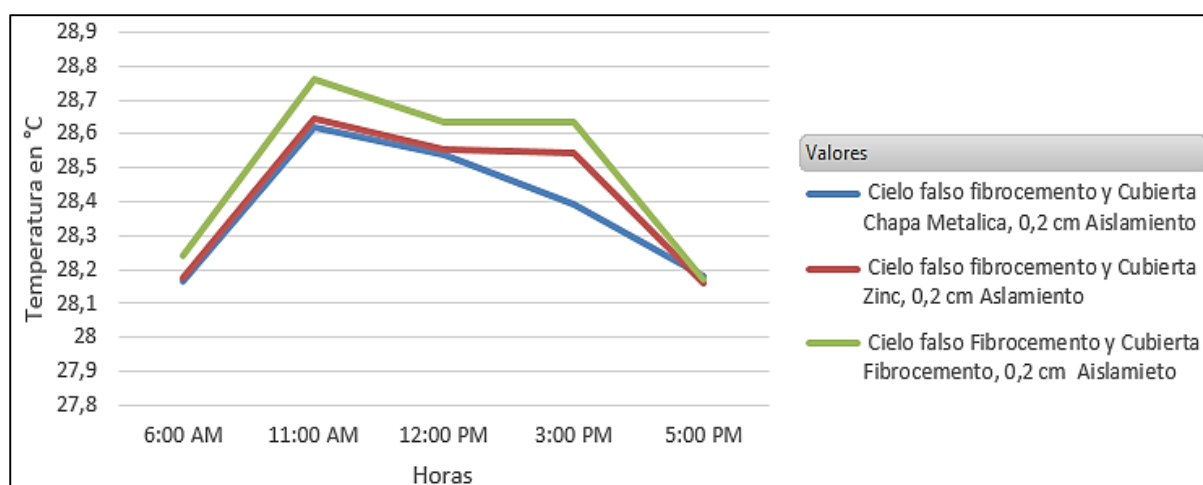


Figura 73. Grafica de Resultados Temperatura Superficial Interior cielo falso de Placas Fibrocemento Propuesta 2
Fuente: Elaboración Propia

- *Comparación Temperatura Superficial Interior en cubiertas con cielo falso de Placas de Yeso.*

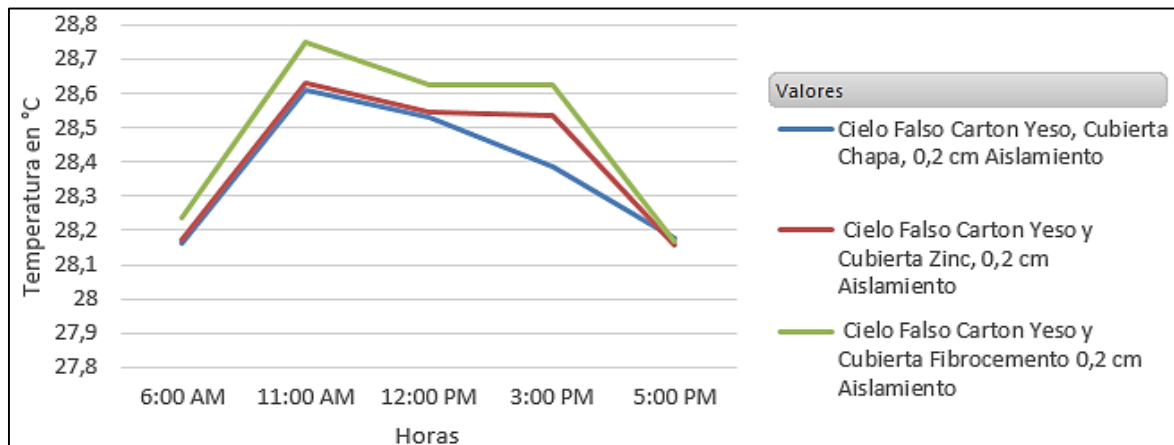


Figura 74. Grafica de Resultados Temperatura Superficial Interior cielo falso de Placas de Yeso Propuesta 2
Fuente: Elaboración Propia

Con este tipo de propuesta se logra un impacto elevado en el tema de descenso de temperaturas ya que se observa claramente como la TSI disminuye, pasando de valores de 63 °C hasta llegar muy cerca de los 28 °C de referencia interior ya que la mayor temperatura que se experimenta es de 28.74 °C que se produce al momento en la cual existe una mayor intensidad de radiación solar así como de temperatura ambiente y tomando en cuenta que se está haciendo referencia a la combinación de cubierta más desfavorable que es una cubierta constituida de lámina de fibrocemento con un cielo falso de placas del mismo material. A pesar de ello, se logra una disminución de hasta 35 °C de temperatura superficial interior en relación a las cubiertas existentes en el entorno.

Con esto se determina que con la inclusión de una capa de material aislante, las condiciones de confort térmico en el interior de la vivienda se pueden llegar a mejorar trascendentalmente favoreciendo a que se desarrollen condiciones óptimas de confort en el interior de las viviendas y mejorando así la calidad de vida de sus usuarios.

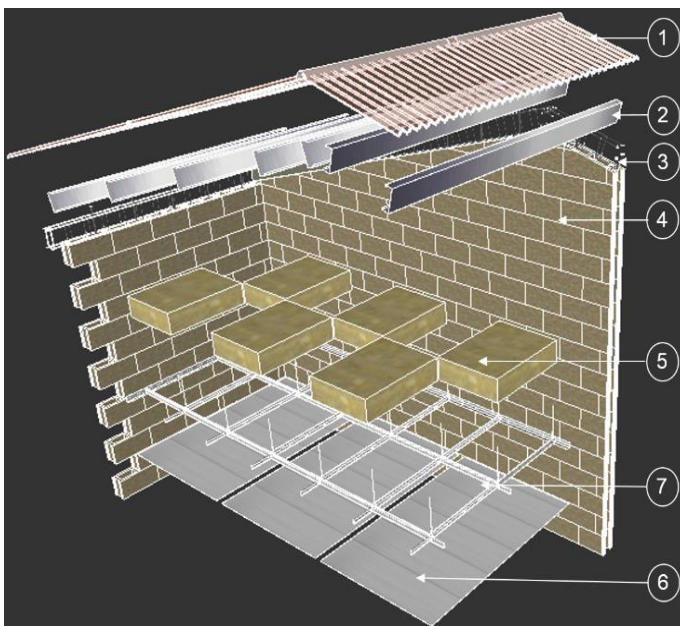


Figura 75. Propuesta en 3 dimensiones Propuesta 2
Fuente: Elaboración Propia

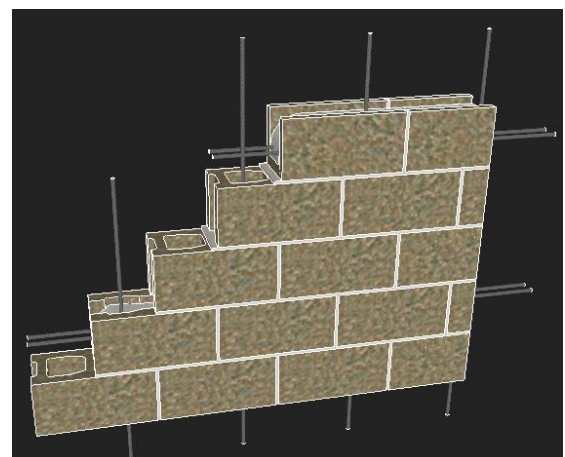


Figura 76. Sistema Constructivo Detalle Propuesta 2
Fuente: Elaboración Propia

PROPUESTA 3: REALIZACION DE UNA PROPUESTA DE CUBIERTA DE TIPOLOGIA VENTILADA Y CON LA UTILIZACION DE MATERIAL AISLANTE RESISTIVO.

La presente propuesta a tratar es una intervención de carácter elevado ya que se modifica tanto la tipología de la cubierta como el número de capas por la cual está conformada. Para esta propuesta se busca que la cubierta sea de tipo ventilada y además se le agregue una capa de aislamiento térmico de lana de roca de 20 centímetros como se determinó en el caso anterior. Para este nuevo diseño de sistema constructivo de cubierta se ha planteado una combinación de las dos propuestas mencionadas anteriormente, de este modo se está favorecido ya que se logra aprovechar los beneficios propios que suministran cada una de estas opciones. De igual manera se logra eliminar un punto en contra con relación a la propuesta anterior que es el acumulamiento de polvo en la cámara de aire; ya que al ser ventilada permite a través de la renovación constante de aire que no se acumule el polvo en ella gracias a esto no se ve disminuida la efectividad del sistema constructivo.

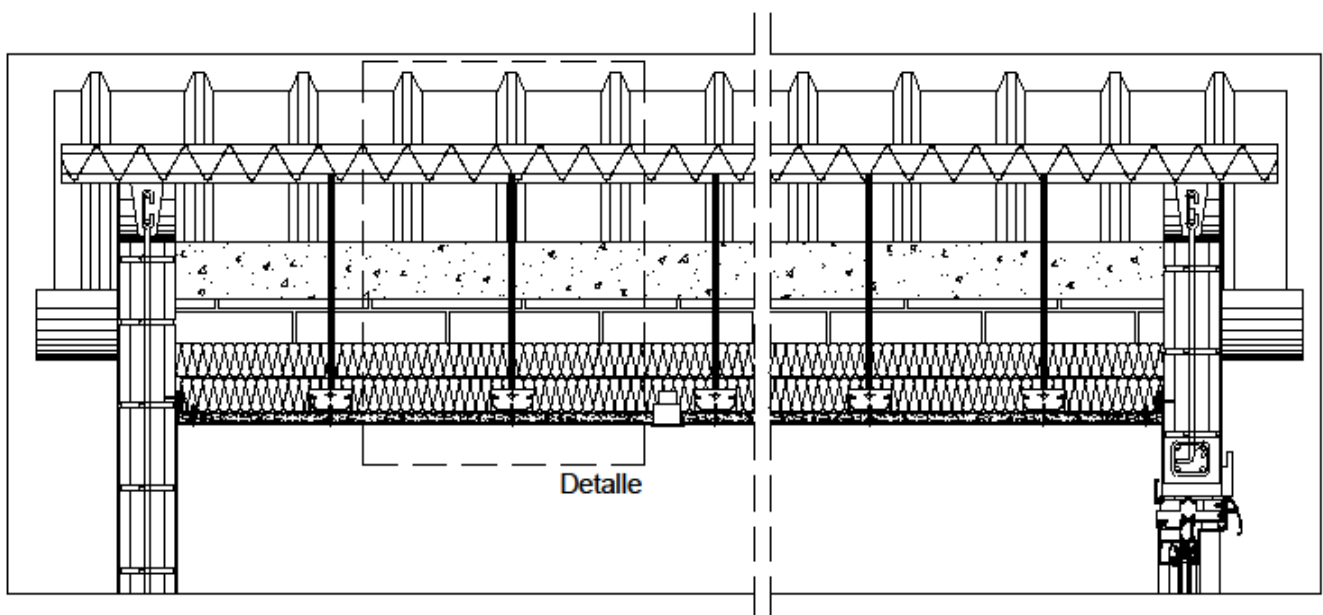


Figura 77. Sección Longitudinal Propuesta 3
Fuente: Elaboración Propia

- Tipología Ventilada

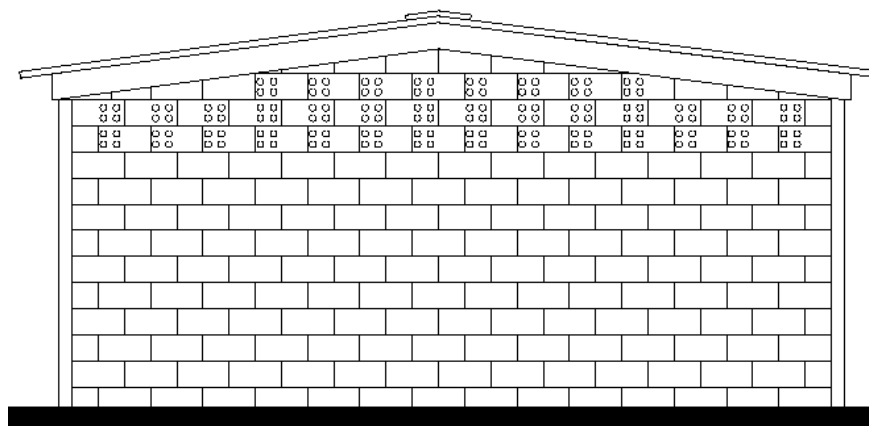


Figura 78. Detalle de Tipología Propuesta 3
Fuente: Elaboración Propia

CODIGO DETALLE GENERAL

- CUBIERTA**
- 01 Lamina Zincalum Acanalada Cal. #24, ancho 1.06 m, Largo a pedido, E= 0.004 m Cresta = 4x2.5 cm, Traslape = 15 cm, Pendiente = 15%
- 02 Polin C de 6", Chapa 14, Reforzado con Va. Hierro No. 3
- 03 Viga de Coronamiento, 4 Va. de Ho. Corrugado No. 4 y Est. Hierro No. 2 @ 0.15 cm
- 04 Block de Hormigon, 0.15x0.20x0.40 m
- 05 Capa de Material aislante Lana de Roca, 15.24x1.22x0.09 m, densidad 200 kg/m³, absorsion de agua 5%
- 06 Cielo Falso Suspendido de Placas de Carton Yeso, 1.22X1.8X0.015 M
- 07 Tornillos autotaladrantes de acero inox. lona: 80 mm

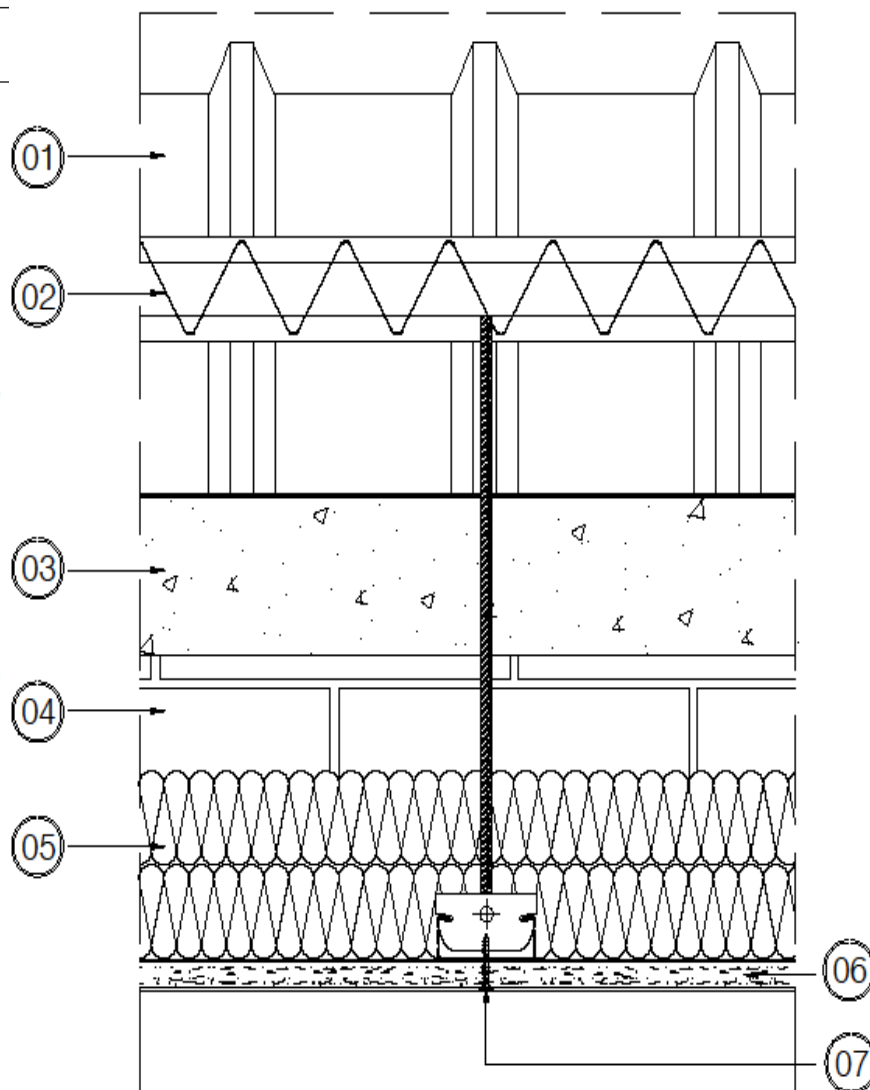


Figura 79. Acercamiento de Detalle Propuesta 3
Fuente: Elaboración Propia

- Tabla Resultados de Propuesta

Hora	C.F. fibrocemento y Cub. Lam. Fibrocemento, con camara ventilada y 0,2 m de aislamiento de lana de Roca	C.F. Yeso y Cub. Lam. Fibrocemento, con camara ventilada y 0,2 m de aislamiento de lana de Roca	C.F. fibrocemento y Cub. Zinc, con camara ventilada y 0,2 m de aislamiento de lana de Roca	C.F. fibrocemento y Cub. Chapa Metalica Natural, con camara ventilada y 0,2 m de aislamiento de lana de Roca	C.F. Carton Yeso y Cub. Zinc, con camara ventilada y 0,2 m de aislamiento de lana de Roca	C.F. Carton Yeso y Cub. Chapa Metalica Natural, con camara ventilada y 0,2 m de aislamiento de lana de Roca
6:00 AM	28,2361	28,2322	28,1736	28,1619	28,1708	28,1592
11:00 AM	28,7464	28,7341	28,6313	28,6095	28,6209	28,5995
12:00 PM	28,6232	28,6130	28,5452	28,5304	28,5363	28,5217
3:00 PM	28,6237	28,6135	28,5361	28,3851	28,5273	28,3788
5:00 PM	28,1653	28,1626	28,1568	28,1792	28,1542	28,1763

Figura 80. Resultados de Temp. Superficial Interior de diferentes combinaciones de materiales en Propuesta 3
Fuente: Elaboración Propia

- *Comparación Temperatura Superficial Interior en cubiertas con cielo falso de Placas de Fibrocemento.*

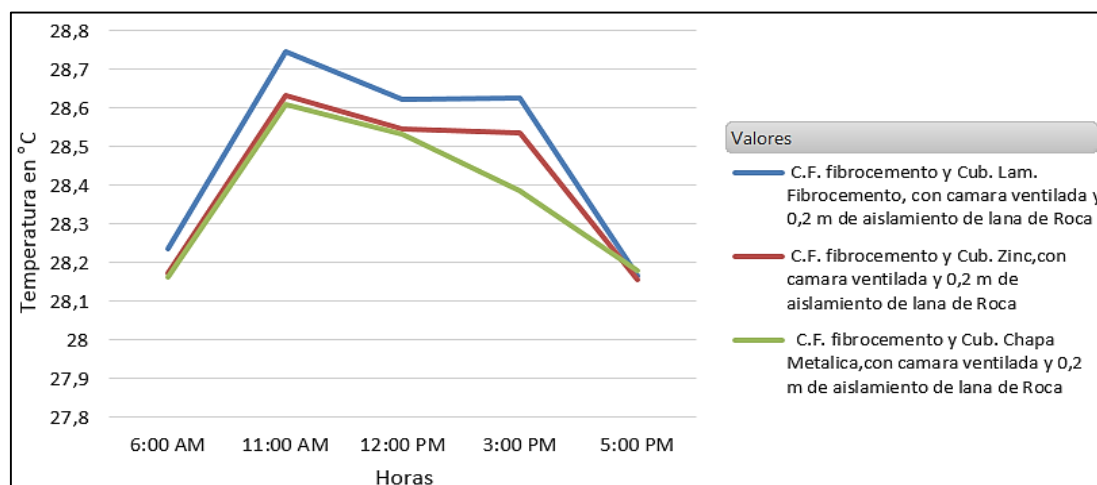


Figura 81. Grafica de Resultados Temperatura Superficial Interior cielo falso de Placas Fibrocemento Propuesta 3
Fuente: Elaboración Propia

- *Comparación Temperatura Superficial Interior en cubiertas con cielo falso de Placas de Yeso.*

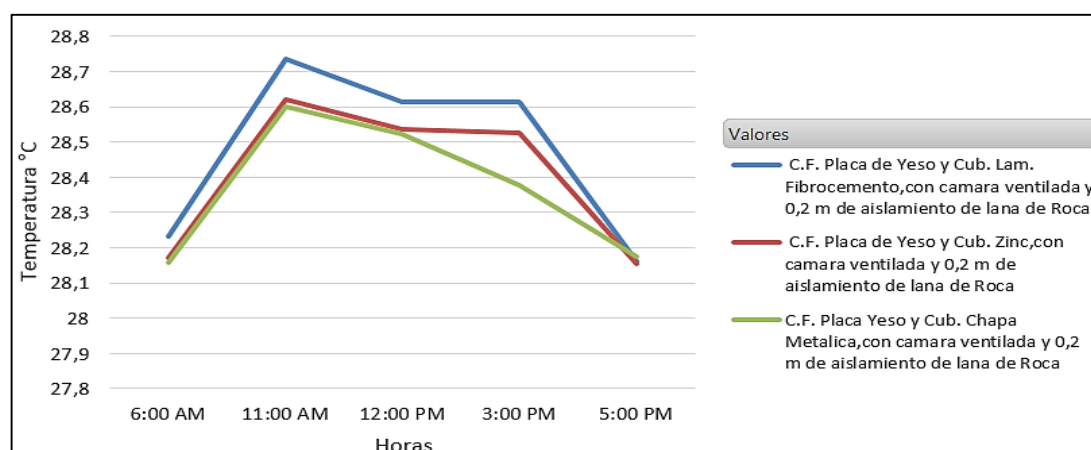


Figura 82. Grafica de Resultados Temperatura Superficial Interior cielo falso de Placas de Yeso Propuesta 3
Fuente: Elaboración Propia

Como se observa, los resultados de esta propuesta son bastante similares a los de la propuesta anterior, igualmente se logra un descenso de temperaturas significativa en relación a las cubiertas existente sin embargo al comparar esta propuesta con una de las mismas características solo que de tipo no ventilada, se denota que el descenso en las temperaturas al agregar dicha cámara no es significativo siendo entre los rangos de 0.02 a 0.05 °C.

No obstante si se compara la propuesta actual con una cubierta ventilada sin aislamiento, en este caso si se puede ver como con el uso del mismo, el descenso en la temperatura superficial interior es notorio, por lo cual una de las conclusiones que se puede obtener es que tiene un impacto mayor la intervención en la añadidura de capas a través del uso de material aislante que enfocándose en cambiar la tipología de la cubierta; ya que aunque la inclusión de una cámara ventilada ayuda a disminuir el grado de radiación que se transmite, proveniente del techo y que repercute sobre el cielo falso gracias al constante movimiento del aire lo cual a su vez hace que baje la temperatura tanto en el interior de la cámara como la temperatura superficial interior resultante como se ha hecho hincapié anteriormente; el material aislante tiene un impacto más significativo en lo que a reducción de la

temperatura superficial interior se refiere, ya que con la utilización de este se logra una mayor efectividad en el desempeño de la cubierta más aún que si se concentra en cambiar la tipología del paramento.

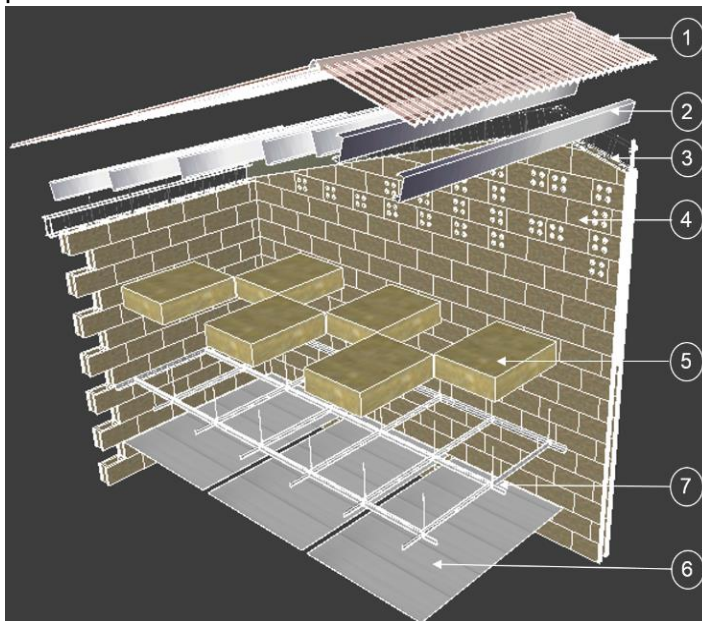


Figura 83. Propuesta en 3 dimensiones Prop. 3
Fuente: Elaboración Propia

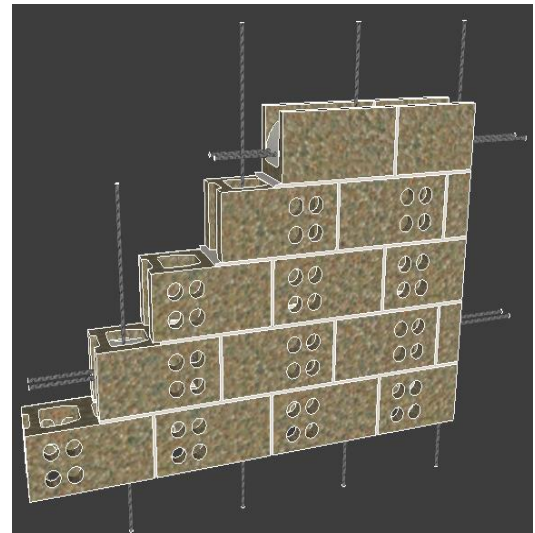


Figura 84. Sistema Constructivo Detalle Prop. 3
Fuente: Elaboración Propia

PROPUESTA 4: REALIZACION DE PROPUESTA DE CUBIERTA VENTILADA, CON MATERIAL AISLANTE RESISTIVO E INCLUSION DE LÁMINA REFLECTANTE

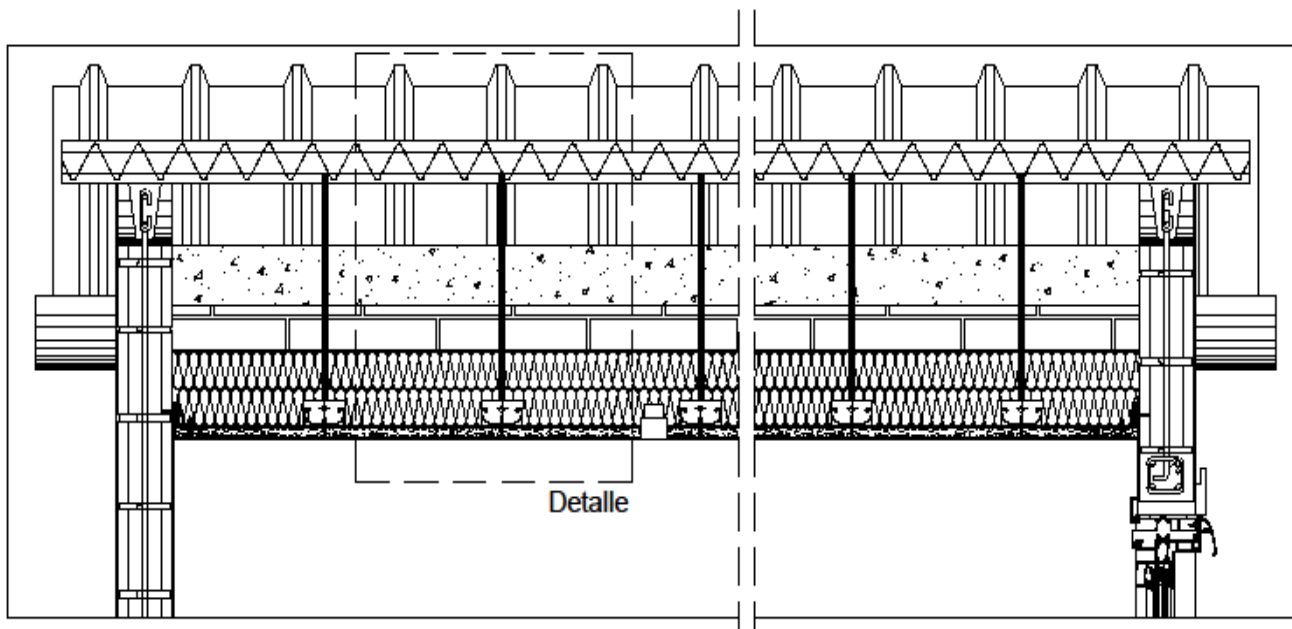


Figura 85. Sección Longitudinal Propuesta 4
Fuente: Elaboración Propia

Este tipo de cubierta se caracteriza por la añadidura de una nueva capa, en concreto una lámina reflectante, la cual pertenece al igual que la lana de roca a la rama de materiales utilizados para aislar térmicamente, sin embargo cada una pertenecen a dos sectores completamente diferentes de materiales aislantes.

Las láminas reflectoras forman parte de la rama de aislamientos reflexivos los cuales a diferencia de los resistivos, su función es actuar como barrera ante las ondas radiantes, específicamente en el rango de los rayos infrarrojos, reduciendo la transferencia de calor radiante, no así el que se genera por conducción, debido a esto es que se ha decidido aplicarlos en conjunción con la capa de aislamiento resistivo (Lana de Roca), para mejorar la efectividad del sistema constructivo.

Dichos elementos están compuestos generalmente por una capa de aluminio, u otro material de brillo similar, adherida a una lámina más o menos flexible de plástico o de cartón y se caracterizan por ser materiales muy brillosos y de colores claros además de tener un índice de reflexión mínimo de 0.9

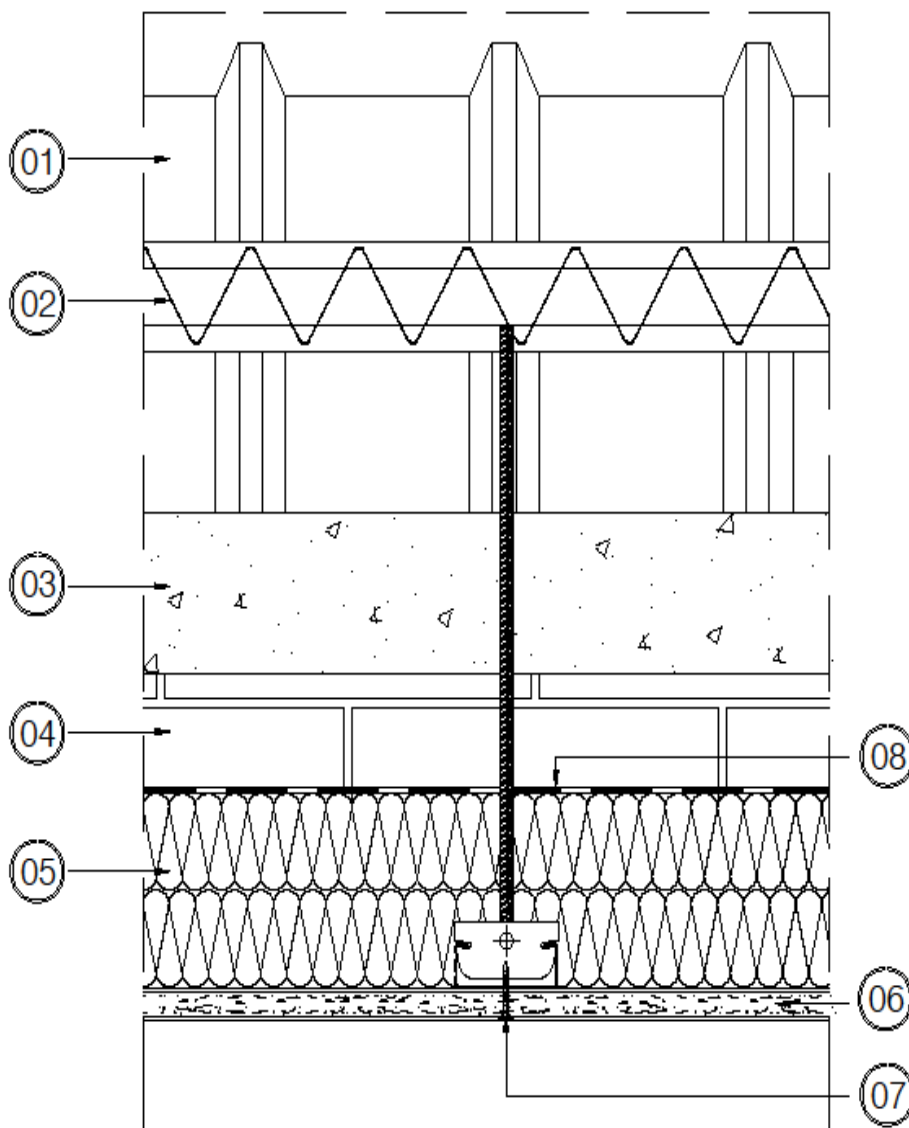


Figura 86. Acercamiento de Detalle Propuesta 4
Fuente: Elaboración Propia

El objetivo que se busca al incluir esta nueva capa es el de reducir el porcentaje de radiación que lograría atravesar tanto la lámina reflectante como la lana de roca para así llegar al cielo falso aumentando la temperatura del mismo en consecuencia aumentando la temperatura superficial interior del recinto.

CODIGO	DETALLE GENERAL
CUBIERTA	
01	Lamina Zincalum Acanalada Cal. #24, ancho 1.06 m, Largo a pedido, E= 0.004 m Cresta = 4x2.5 cm, Traslape = 15 cm, Pendiente = 15%
02	Polin C de 6", Chapa 14, Reforzado con Va. Hierro No. 3
03	Viga de Coronamiento, 4 Va. de Ho. Corrugado No. 4 y Est. Hierro No. 2 @ 0.15 cm
04	Block de Hormigon, 0.15x0.20x0.40 m
05	Capa de Material aislante Lana de Roca, 15.24x1.22x0.09 m, densidad 200 kg/m ³ , absorcion de agua 5%
06	Cielo Falso Suspendido de Placas de Carton Yeso, 1.22X1.8X0.015 M
07	Tornillos autotaladrantes de acero inoxidable, long: 80 mm
08	Lamina Reflectante 0.5x6.0x0.004 , 97% reflectancia

Diseño y Soluciones constructivas en la envolvente de la vivienda social en El Salvador: Estudio de la repercusión de la temperatura radiante en el confort térmico interior

- Tipología Ventilada

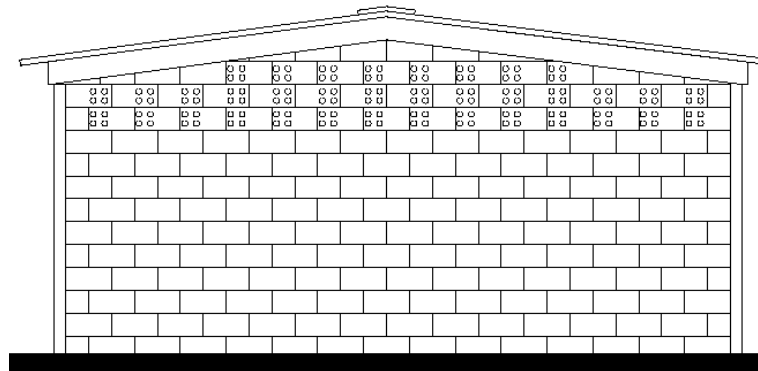


Figura 87. Detalle de Tipología Propuesta 4
Fuente: Elaboración Propia

- Tabla de Resultados de Propuesta

Hora	Cub. Lam. Metalica con Baño de Zinc, C.F. fibrocemento con Lam. Reflectante, tipo Ventilada con Aislamiento	Cub. Lam. Metalica con Baño de Zinc, C.F. Placas Yeso, con Lam. Reflectante, tipo Ventilada con Aislamiento	Cub. Lam. Fibrocemento, C.F. fibrocemento con Lam. Reflectante, tipo Ventilada con Aislamiento	Cub. Lam. Fibrocemento, C.F. Placas de Yeso, con Lam. Reflectante, tipo Ventilada con Aislamiento	Cub. Lam. Metalica Natural, C.F. fibrocemento con Lam. Reflectante, tipo Ventilada con Aislamiento	Cub. Lam. Metalica Natural, C.F. Placas de Yeso, con Lam. Reflectante, tipo Ventilada con Aislamiento
6:00 AM	28,175	28,172	28,272	28,267	28,163	28,161
11:00 AM	28,629	28,619	28,808	28,795	28,608	28,598
12:00 PM	28,542	28,533	28,664	28,653	28,528	28,519
3:00 PM	28,531	28,523	28,644	28,634	28,515	28,507
5:00 PM	28,155	28,153	28,173	28,170	28,154	28,151

Figura 88. Resultados de Temp. Superficial Interior de las diferentes combinaciones de materiales en Propuesta 4
Fuente: Elaboración Propia

- Comparación Temperatura Superficial Interior en cubiertas con cielo falso de Placas de Fibrocemento.

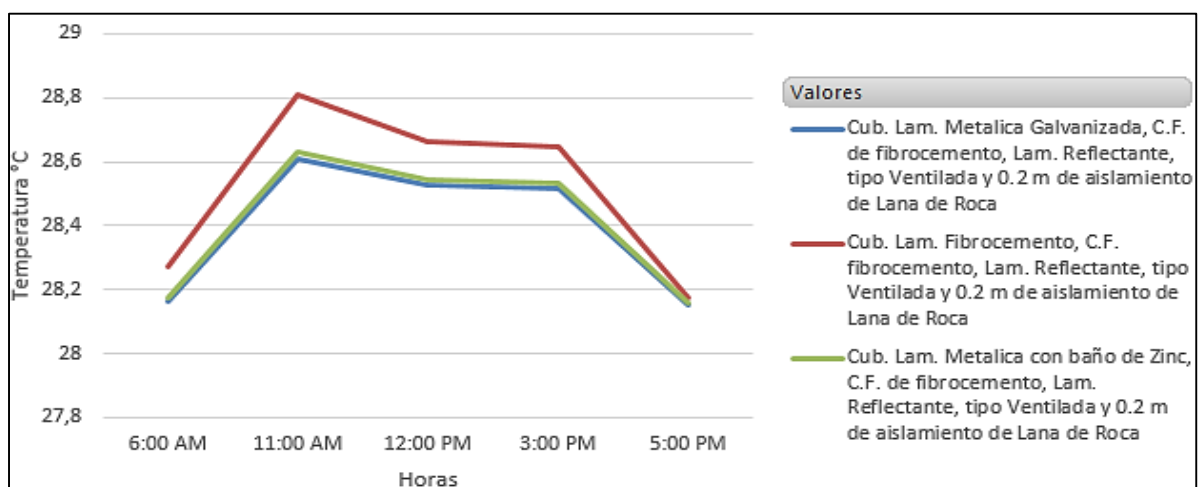


Figura 89. Grafica de Resultados Temperatura Superficial Interior cielo falso Placas de Fibrocemento Propuesta 4
Fuente: Elaboración Propia

- Comparación Temperatura Superficial Interior en cubiertas con cielo falso de Placas de Yeso.

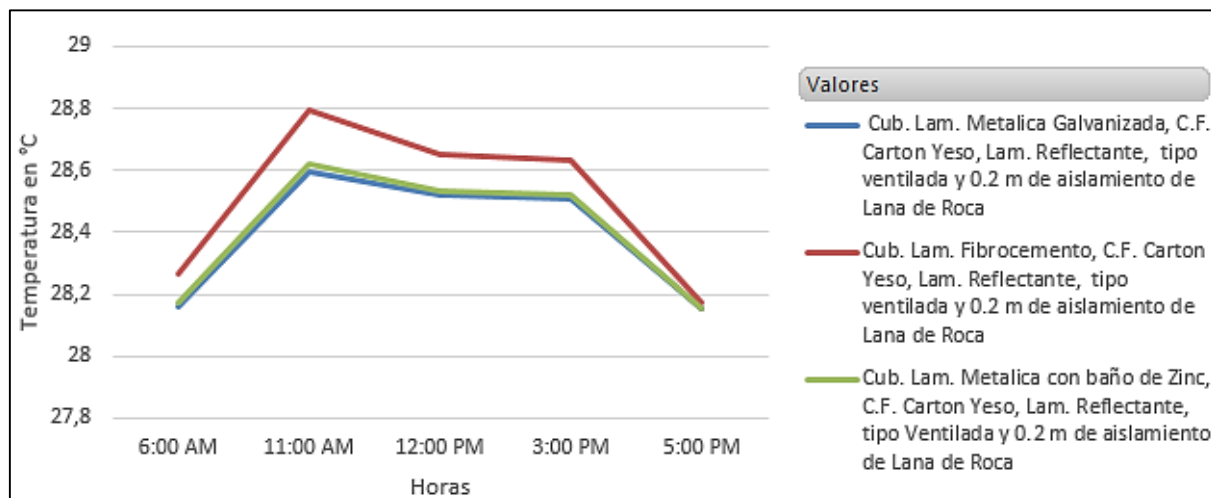


Figura 90. Grafica de Resultados Temperatura Superficial Interior cielo falso Placas de Yeso Propuesta 4
Fuente: Elaboración Propia

Al analizar los resultado obtenidos se puede ver como el uso de la lámina reflectante no significa una mejora sustancial en el descenso de la temperatura en relación a una cubierta de las mismas características (ventilada y con aislamiento) pero sin la lámina reflectante, ya que dicha mejora estaría entorno del 0.15 °C en el mejor de los casos, con todo y eso si se compara con el análisis de las cubiertas que se construyen hoy en día, se puede concluir que con la añadidura de esta nueva capa se está más cerca aun de llegar a los 28 °C de referencia de confort interior que se planteó desde un principio.

No obstante en términos de efectividad en relación a grado de intervención, la cubierta con la opción de lámina reflectante viene teniendo un menor porcentaje de eficiencia que una sin dicha lamina ya que la añadidura de esta capa no compensa el descenso de temperatura que se obtiene.

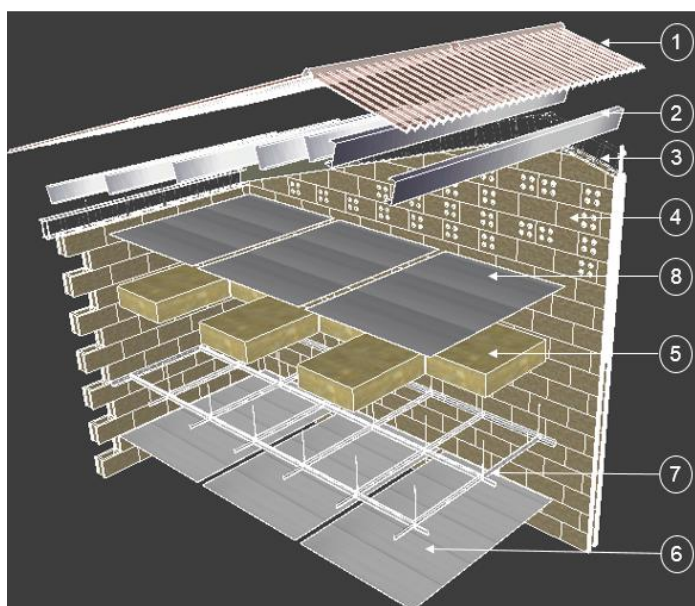


Figura 91. Propuesta en 3 dimensiones Prop. 4
Fuente: Elaboración Propia

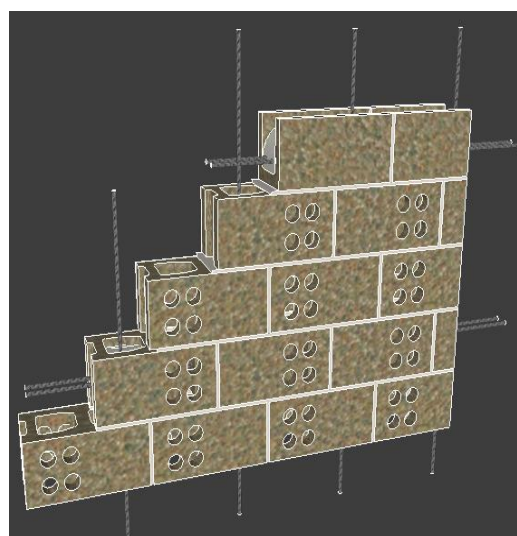


Figura 92. Sistema Constructivo Detalle Prop. 4
Fuente: Elaboración Propia

PROPUESTA: 5 REALIZACION DE UNA PROPUESTA DE TIPOLOGIA NO VENTILADA, CON MATERIAL AISLANTE RESISTIVO Y LA INCLUSION DE UNA LAMINA REFLECANTE.

Para esta propuesta, se plantea un tipo de caso similar al anterior conservando el número de capas que componen la cubierta sin embargo, no obstante dicha propuesta se ha desarrollado para una cubierta de tipo no ventilada, con lo cual tendría una aplicación con menor grado de dificultad a la hora de adecuarla a la construcción existente, ya que no se está cambiando la tipología de cubierta que actualmente se construye, solo se le están agregando capas nuevas para mejorar su comportamiento térmico.

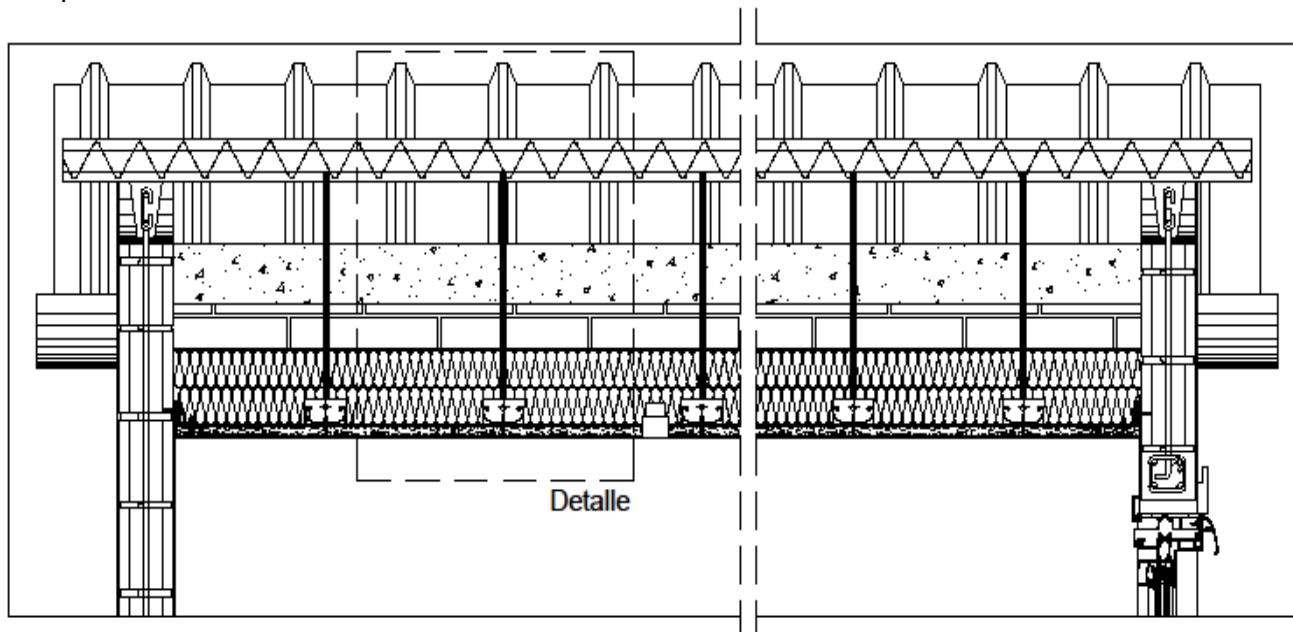


Figura 93. Sección Longitudinal de caso actual de Propuesta 5
Fuente: Elaboración Propia

- *Tipología No Ventilada*

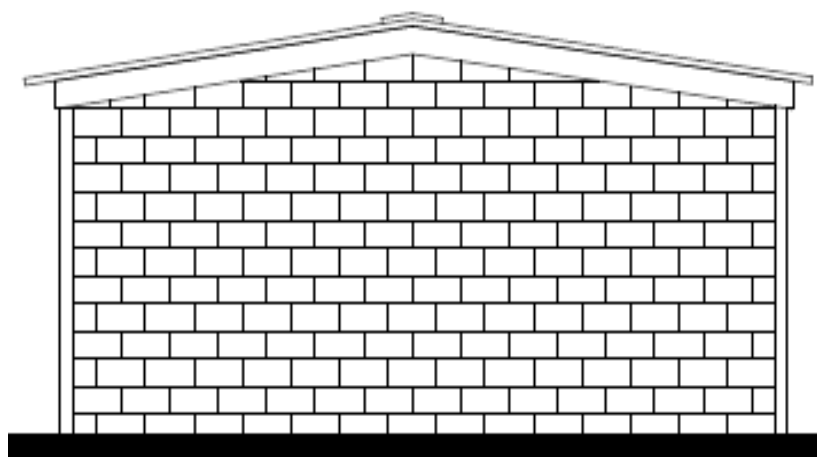


Figura 94. Detalle de Tipología Propuesta 5
Fuente: Elaboración Propia

Diseño y Soluciones constructivas en la envolvente de la vivienda social en El Salvador: Estudio de la repercusión de la temperatura radiante en el confort térmico interior

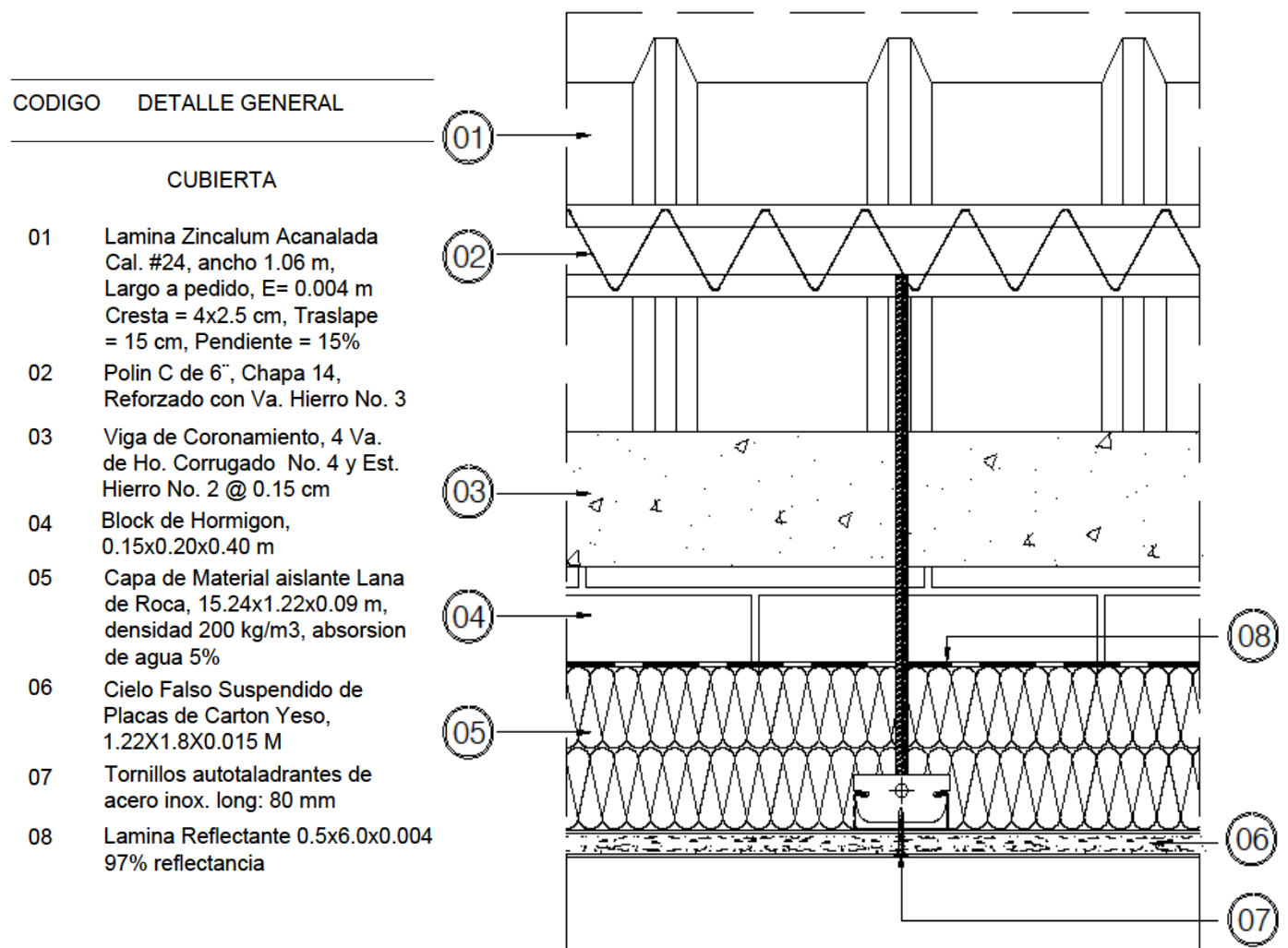


Figura 95. Acercamiento de Detalle Propuesta 5
Fuente: Elaboración Propia

- Tabla de Resultados de Propuesta

Hora	Cub. Lam. Metalica Natural , C.F. fibrocemento con Lam. Reflectante, tipo No Ventiladacon Aislamiento	Cub. Lam. Metalica Natural , C.F. Placas de Yeso, con Lam. Reflectante, tipo No Ventilada con Aislamiento	Cub. Lam. Metalica con Baño de Zinc, C.F. fibrocemento con Lam. Reflectante, tipo No Ventilada con Aislamiento	Cub. Lam. Metalica con Baño de Zinc, C.F. Placas Yeso, con Lam. Reflectante, tipo No Ventilada con Aislamiento	Cub. Lam. Fibrocemento, C.F. fibrocemento con Lam. Reflectante, tipo No Ventilada con Aislamiento	Cub. Lam. Fibrocemento, C.F. Placas de Yeso, con Lam. Reflectante, tipo No Ventilada con Aislamiento
6:00 AM	28,179	28,176	28,190	28,187	28,426	28,419
11:00 AM	28,636	28,626	28,658	28,647	29,094	29,076
12:00 PM	28,547	28,538	28,562	28,552	28,858	28,844
3:00 PM	28,526	28,518	28,543	28,534	28,760	28,748
5:00 PM	28,158	28,155	28,159	28,157	28,213	28,210

Figura 96. Resultados de Temp. Superficial Interior de las diferentes combinaciones de materiales en Propuesta 5
Fuente: Elaboración Propia

Una vez obtenidos los resultados, se puede observar como la tipología de la cubierta influye en el desempeño térmico de la misma ya que al compararla con una cubierta compuesta por el mismo número de capas pero con una tipología de carácter ventilada, se puede detectar un ligero aumento de temperatura en los valores obtenidos, llegando en el caso de la cubierta de lámina de fibrocemento

en combinación tanto con un cielo falso de placas de fibrocemento como de cartón yeso, hasta los 0.3 °C de subida de temperatura.

A pesar de no ser un aumento de grandes proporciones, si se analiza minuciosamente cada uno de los cálculos, se puede observar como al permitir el acceso del aire del exterior dentro de la cubierta, esto ayuda a evitar que se acumule el aire caliente irradiado por el material de recubrimiento de la misma (cualquiera de las láminas que se están evaluando) en la cámara, a través de la renovación con aire proveniente del exterior, el cual se encuentra a menor temperatura que el aire dentro de la cámara y que es irradiado desde el material de recubrimiento como ya se ha explicado anteriormente, permitiendo así que disminuyan los valores de la temperatura superficial interior, mejorando las condiciones de confort internas a las que están en contacto las personas.

- *Comparación Temperatura Superficial Interior en cubiertas con cielo falso de Placas de Fibrocemento.*

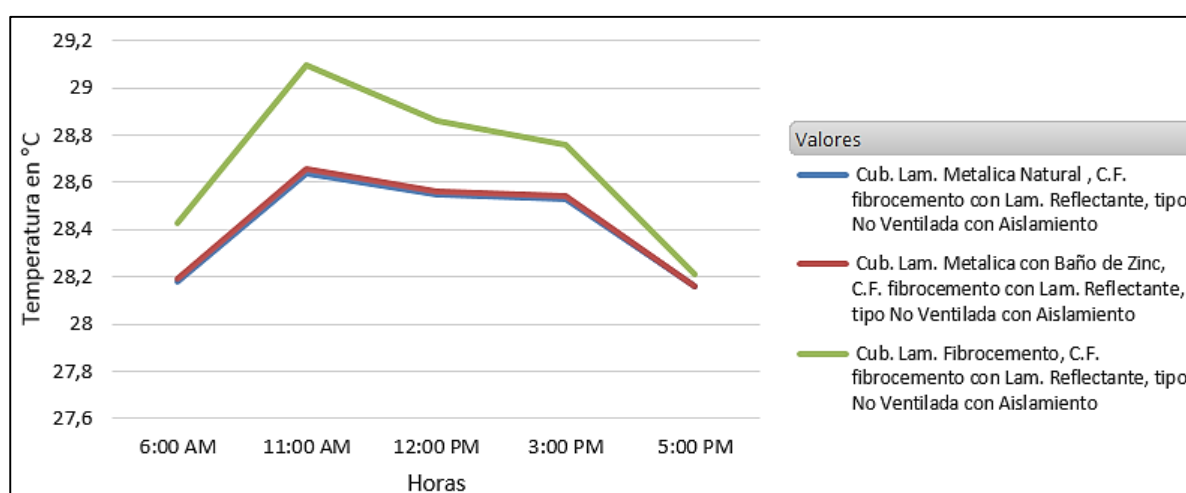


Figura 97. Grafica de Resultados Temperatura Superficial Interior cielo falso de Placas Fibrocemento Propuesta 5
Fuente: Elaboración Propia

- *Comparación Temperatura Superficial Interior en cubiertas con cielo falso de Placas de Yeso.*

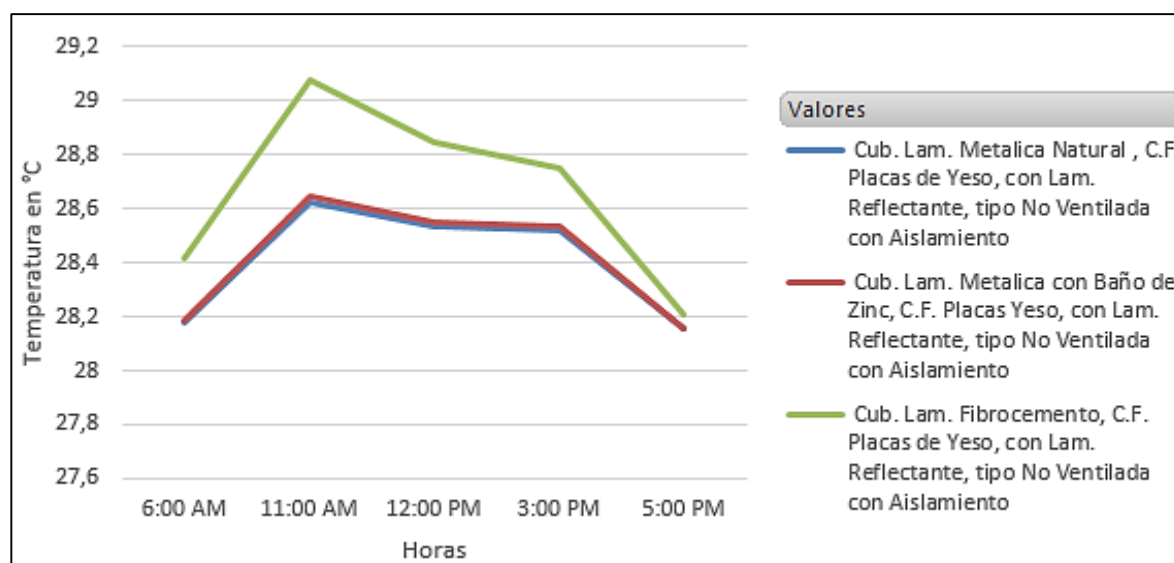


Figura 98. Grafica de Resultados Temperatura Superficial Interior cielo falso de Placas de Yeso Propuesta 5
Fuente: Elaboración Propia

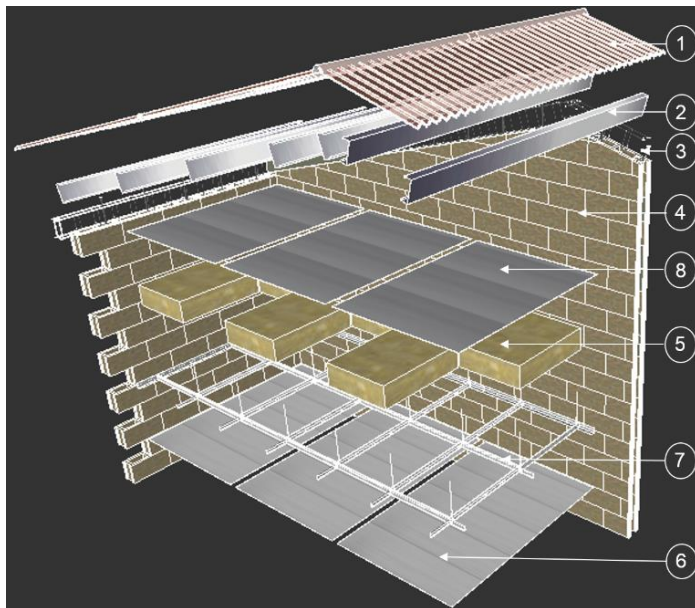


Figura 99. Propuesta en 3 dimensiones Prop. 5
Fuente: Elaboración Propia

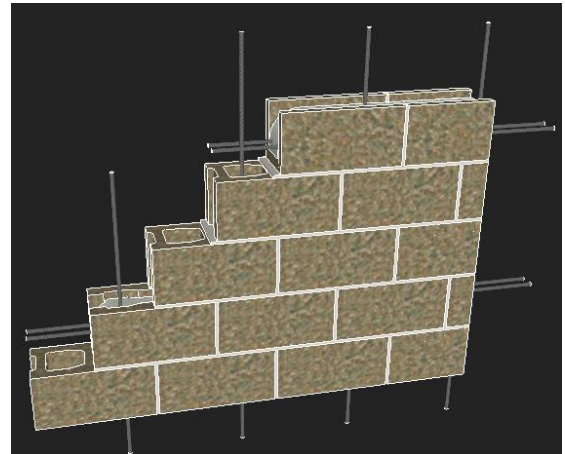


Figura 100. Sistema Constructivo Detalle Prop. 5
Fuente: Elaboración Propia

PROPUESTA 6: REALIZACION DE UNA PROPUESTA DE CUBIERTA DE TIPOLOGIA NO VENTILADA , SIN MATERIAL AISLANTE RESISTIVO Y LA INCLUSION DE UNA LAMINA REFLECANTE.

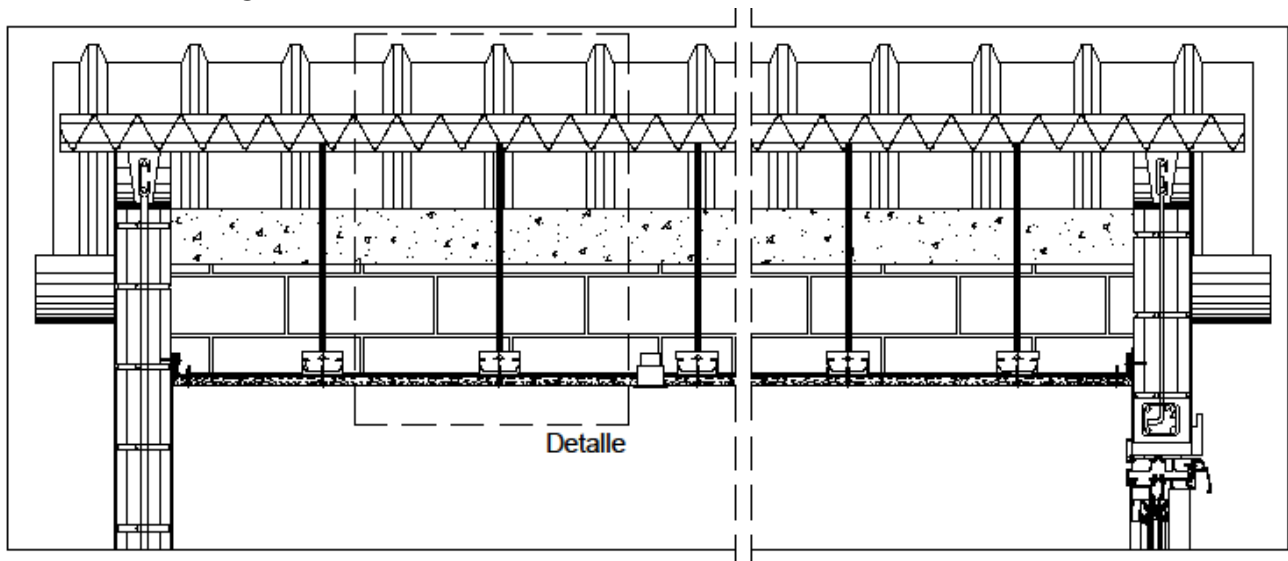


Figura 101. Sección Longitudinal Propuesta 6
Fuente: Elaboración Propia

En este caso en específico se propone una cubierta en la cual no se modifica la tipología en relación a la que se construye actualmente, además de disminuir el número de capas por la cual estaría compuesta en comparación con las cubiertas propuestas anteriormente, ya que solo se utilizaría un tipo de material aislante, en concreto la lámina reflectante. En tal caso se prescinde del material aislante de tipo resistivo (lana de roca) para determinar cómo se comportaría dicha cubierta en las condiciones climáticas del entorno.

Dicha intervención es de carácter leve y viene a ser una opción factible de implementar en las cubiertas que ya se encuentran construidas en el país ya que el único procedimiento que se realizaría sería el de agregar una nueva capa.

Entre algunas de sus ventajas se pueden mencionar: el coste del material a utilizar no es demasiado elevado, lo cual lo vuelve más accesible a la población, así como el método de instalación del mismo, es de fácil colocación, en un periodo corto de tiempo y no es necesaria mano de obra especializada.

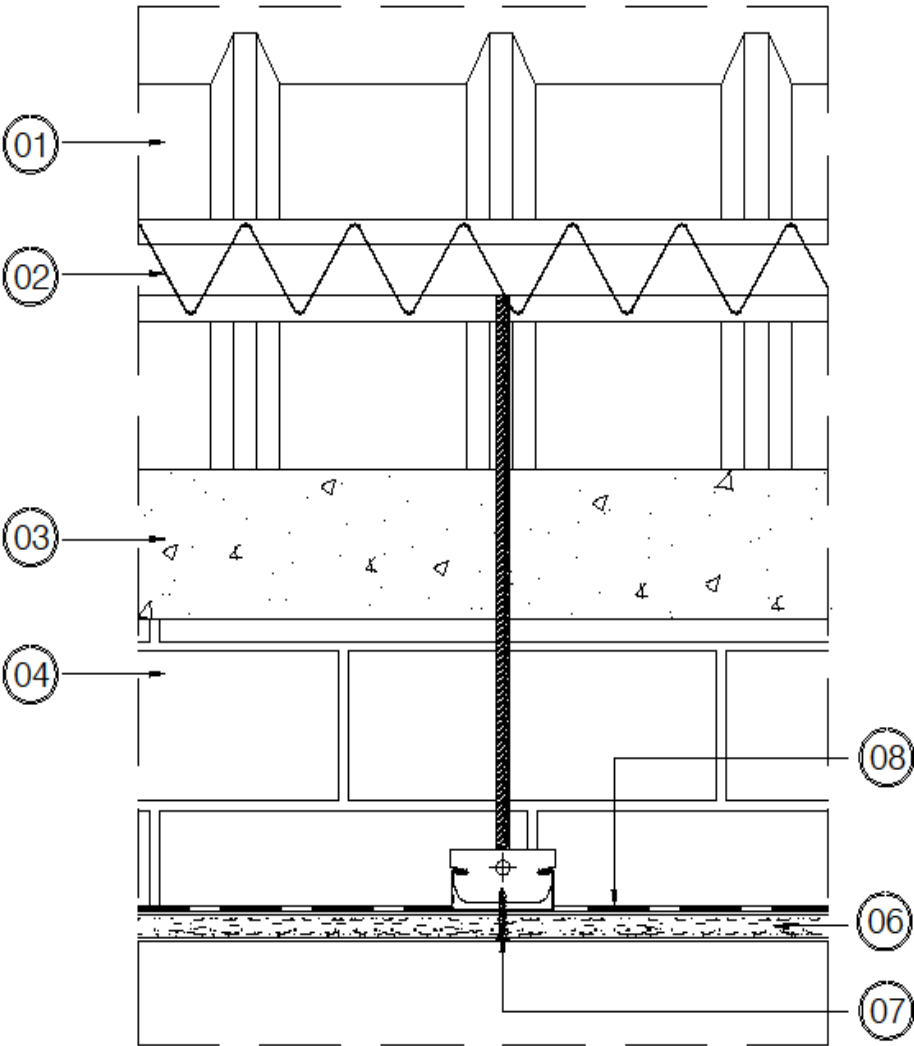


Figura 102. Acercamiento de Detalle Propuesta 6
Fuente: Elaboración Propia

- Tipología No Ventilada

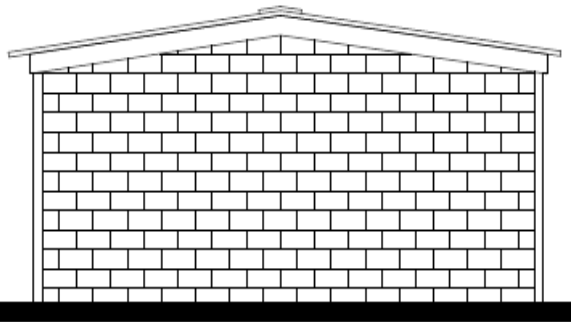


Figura 103. Detalle de Tipología Propuesta 6
Fuente: Elaboración Propia

CODIGO	DETALLE GENERAL
CUBIERTA	
01	Lamina Zincalum Acanalada Cal. #24, ancho 1.06 m, Largo a pedido, E= 0.004 m Cresta = 4x2.5 cm, Traslape = 15 cm, Pendiente = 15%
02	Polin C de 6", Chapa 14, Reforzado con Va. Hierro No. 3
03	Viga de Coronamiento, 4 Va. de Ho. Corrugado No. 4 y Est. Hierro No. 2 @ 0.15 cm
04	Block de Hormigon, 0.15x0.20x0.40 m
06	Cielo Falso Suspendido de Placas de Carton Yeso, 1.22X1.8X0.015 M
07	Tornillos autotaladrantes de acero inoxidable, long: 80 mm
08	Lamina Reflectante 0.5x6.0x0.004 , 97% reflectancia

Diseño y Soluciones constructivas en la envolvente de la vivienda social en El Salvador: Estudio de la repercusión de la temperatura radiante en el confort térmico interior

- Tabla de Resultados de Propuesta

Hora	Cub. Lam. Metalica Natural, C.F. fibrocemento con Lam. Reflectante, tipo No Ventilada sin Aislamiento	Cub. Lam. Metalica Natural, C.F. Placas de Yeso, con Lam. Reflectante, tipo No Ventilada sin Aislamiento	Cub. Lam. Metalica con Baño de Zinc, C.F. fibrocemento con Lam. Reflectante, tipo No Ventilada sin Aislamiento	Cub. Lam. Metalica con Baño de Zinc, C.F. Placas Yeso, con Lam. Reflectante, tipo No Ventilada sin Aislamiento	Cub. Lam. Fibrocemento, C.F. fibrocemento con Lam. Reflectante, tipo No Ventilada sin Aislamiento	Cub. Lam. Fibrocemento, C.F. Placas de Yeso, con Lam. Reflectante, tipo No Ventilada sin Aislamiento
6:00 AM	31,255	30,505	31,466	30,668	35,759	33,973
11:00 AM	39,581	36,915	39,971	37,216	47,911	43,327
12:00 PM	37,954	35,663	38,219	35,867	43,609	40,016
3:00 PM	37,581	35,375	37,878	35,604	41,839	38,653
5:00 PM	30,872	30,211	30,902	30,234	31,877	30,984

Figura 104. Resultados de Temp. Superficial Interior de diferentes combinaciones de materiales en Propuesta 6
Fuente: Elaboración Propia

- Comparación Temperatura Superficial Interior en cubiertas con cielo falso de Placas de Fibrocemento.

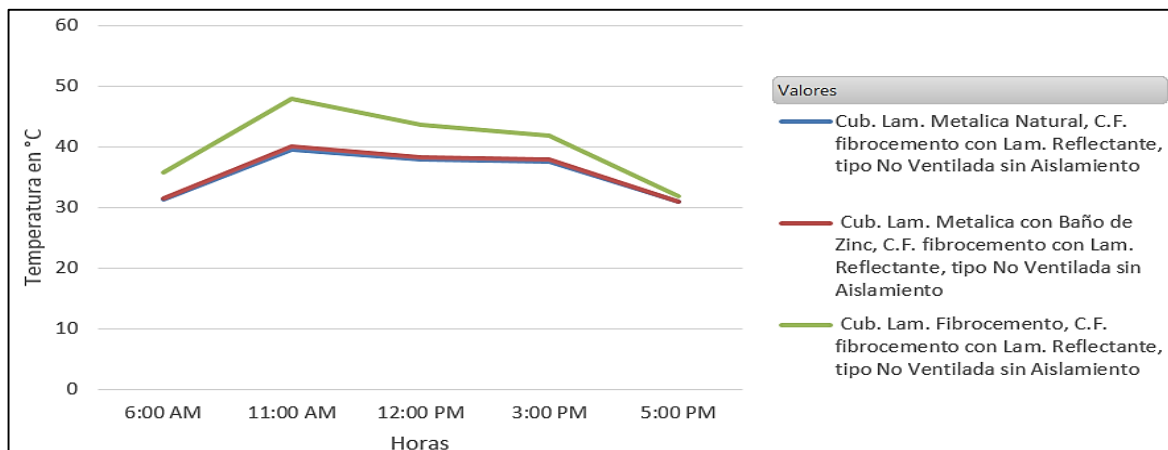


Figura 105. Grafica de Resultados Temperatura Superficial Interior cielo falso Placas Fibrocemento Propuesta 6
Fuente: Elaboración Propia

- Comparación Temperatura Superficial Interior en cubiertas con cielo falso de Placas de Yeso.

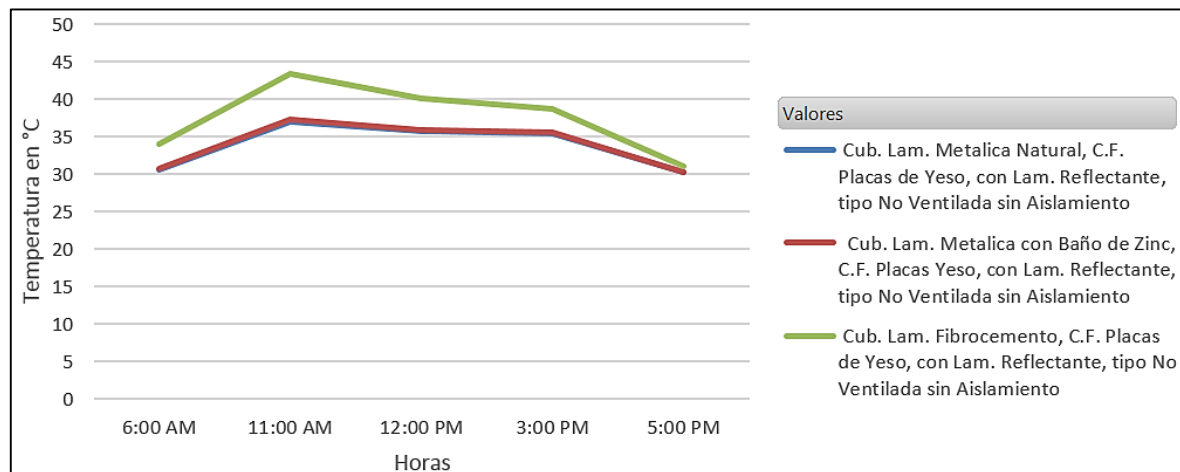


Figura 106. Grafica de Resultados Temperatura Superficial Interior cielo falso de Placas de Yeso Propuesta 6
Fuente: Elaboración Propia

Una vez analizados los resultados, se puede determinar cómo al remover la capa de material resistivo (lana de roca), las temperaturas aumentan considerablemente llegando a valores de hasta los 48 °C en el caso más desfavorable siendo temperaturas en las cuales los usuarios se encuentran en claros escenarios de disconfort, en comparación a los 29 °C que se consiguen al agregar una capa de 20 centímetros de aislamiento de lana de roca, se puede ver una diferencia de casi 20 °C con esto se puede determinar como el uso del material aislante resistivo es fundamental para poder alcanzar valores lo más cercanos posibles a los niveles de confort recomendados. Al comparar este tipo de cubierta que se está analizando con las que se construyen actualmente, ciertamente se mejoran las condiciones de confort no obstante estos resultados quedan aún muy lejos de los 28 °C de referencia de temperatura superficial interior idóneos necesarios experimentar confort en el interior de las viviendas y que fueron marcados al principio de este trabajo como punto de referencia.

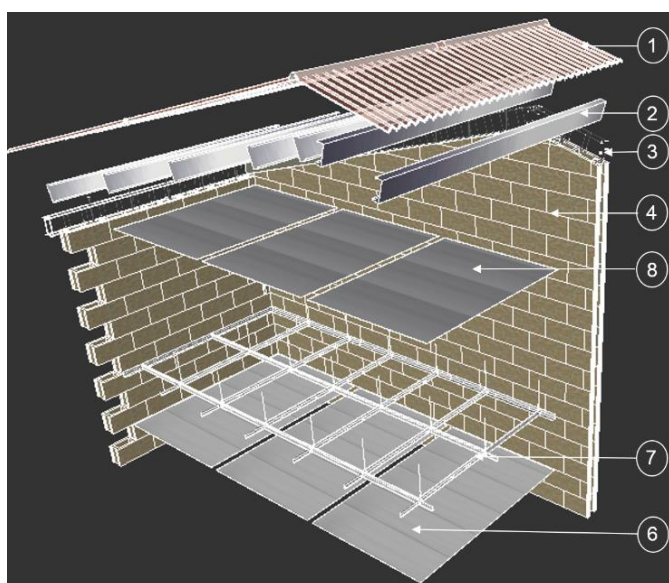


Figura 107. Propuesta en 3 dimensiones Prop. 6
Fuente: Elaboración Propia

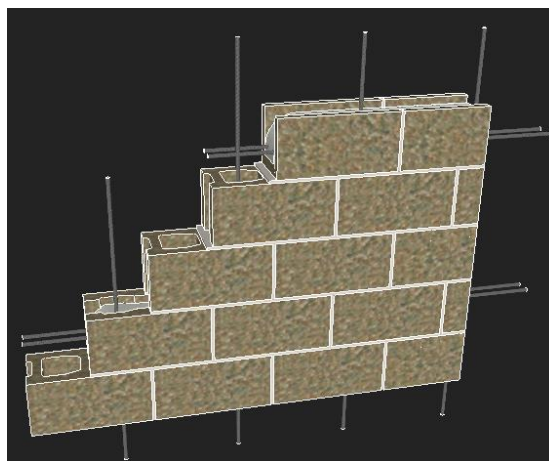


Figura 108. Sistema Constructivo Detalle Prop. 6
Fuente: Elaboración Propia

PROPUESTA 7: REALIZACION DE UNA CUBIERTA DE TIPOLOGIA VENTILADA, SIN MATERIAL AISLANTE RESISTIVO Y LA INCLUSION DE UNA LAMINA REFLECANTE.

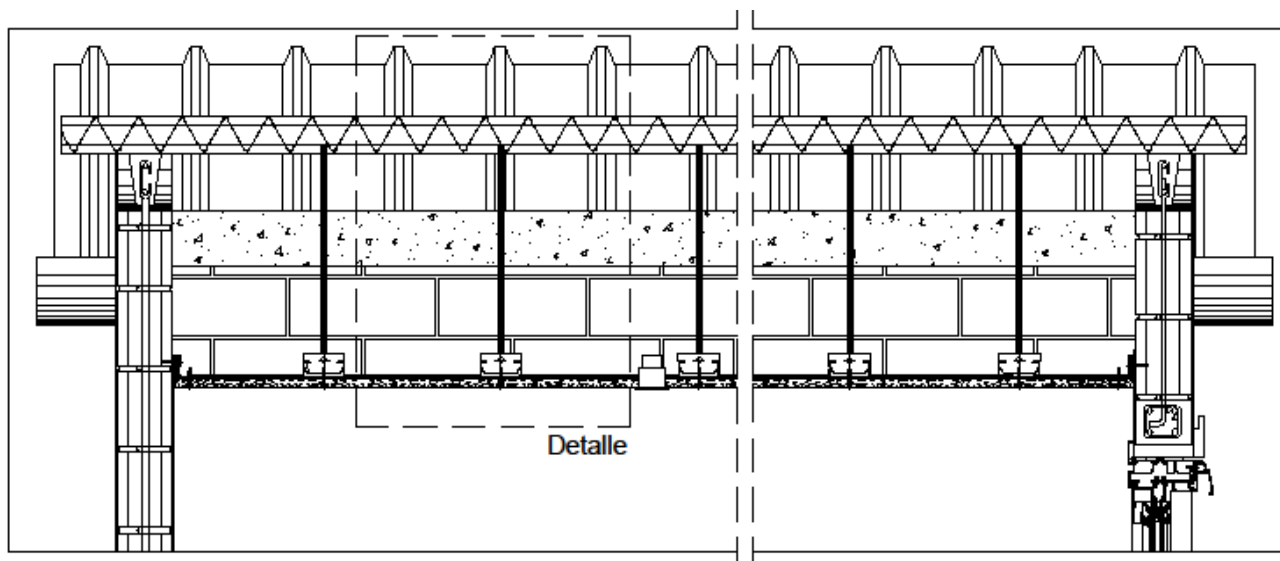


Figura 109. Sección Longitudinal Propuesta 7
Fuente: Elaboración Propia

Para la presente propuesta se plantea modificar tanto la tipología de la cubierta como el número de capas que la componen, ésta cubierta al igual que la anterior estaría compuesta por una sola capa de material aislante, el de carácter reflexivo (lámina reflectante), no obstante en lo que a la tipología de cubierta se refiere, se propone realizar un cambio, con lo cual pasaría de una cubierta no ventilada a una de carácter ventilado, esta modificación ciertamente se vuelve más difícil de implementar dicha cubierta en las viviendas actuales en comparación con el caso anterior pero se espera que mejore las condiciones de confort sustancialmente.

En cuanto a ventajas se refiere, este diseño de cubierta posee las mismas en cuanto coste e instalación que proporciona el uso de la lámina reflectante como material designado para el aislamiento, sin embargo el coste global de la misma aumentaría debido al cambio de tipología que se le realiza para lo cual se necesita mayor porcentaje de mano de obra una mayor especialización de la misma, así como la utilización de elementos estructurales adicionales para su realización.

CODIGO DETALLE GENERAL

- CUBIERTA**
- 01 Lamina Zincalum Acanalada
Cal. #24, ancho 1.06 m,
Largo a pedido, E= 0.004 m
Cresta = 4x2.5 cm, Traslape
= 15 cm, Pendiente = 15%
 - 02 Polin C de 6", Chapa 14,
Reforzado con Va. Hierro No. 3
 - 03 Viga de Coronamiento, 4 Va.
de Ho. Corrugado No. 4 y Est.
Hierro No. 2 @ 0.15 cm
 - 04 Block de Hormigon,
0.15x0.20x0.40 m
 - 06 Cielo Falso Suspendido de
Placas de Carton Yeso,
1.22X1.8X0.015 M
 - 07 Tornillos autotaladrantes de
acero inox. long: 80 mm
 - 08 Lamina Reflectante 0.5x6.0x0.004
97% reflectancia

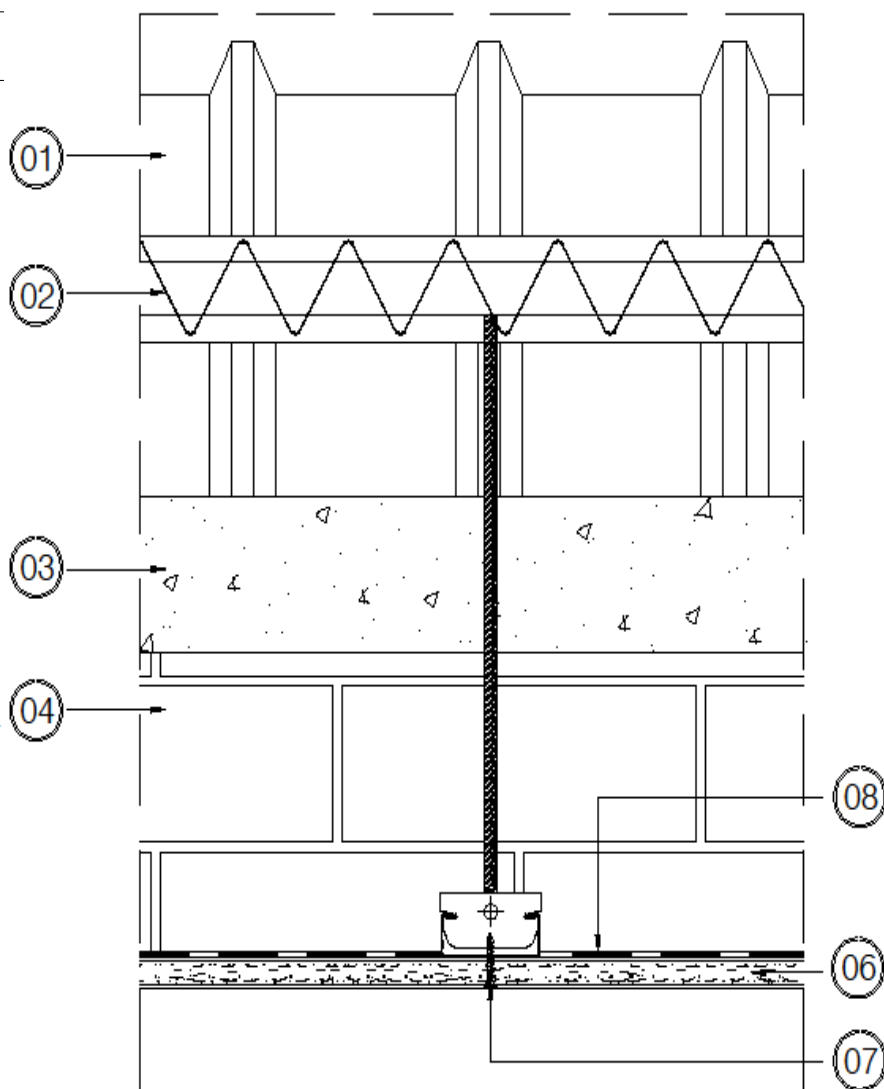


Figura 110. Acercamiento de Detalle Propuesta 7
Fuente: Elaboración Propia

Diseño y Soluciones constructivas en la envolvente de la vivienda social en El Salvador: Estudio de la repercusión de la temperatura radiante en el confort térmico interior

- Tipología Ventilada

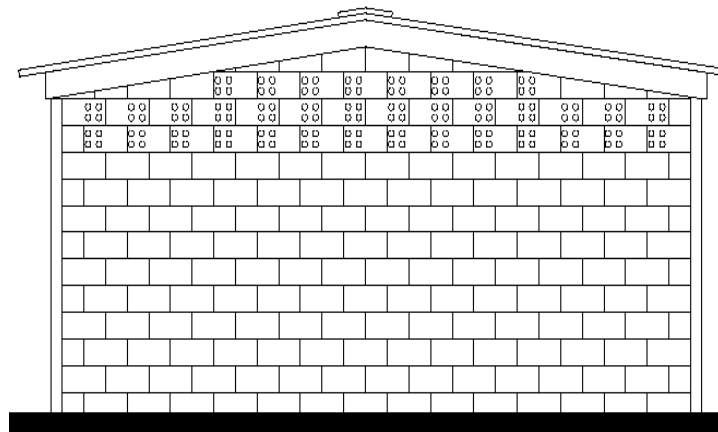


Figura 111. Detalle de Tipología Propuesta 7
Fuente: Elaboración Propia

- Tabla de Resultados de Propuesta

Hora	Cub. Lam. Metalica con Baño de Zinc, C.F. fibrocemento con Lam. Reflectante, tipo Ventilada sin Aislamiento	Cub. Lam. Metalica con Baño de Zinc, C.F. Placas de Yeso, con Lam. Reflectante, tipo Ventilada sin Aislamiento	Cub. Lam. Fibrocemento, C.F. fibrocemento con Lam. Reflectante, tipo Ventilada sin Aislamiento	Cub. Lam. Fibrocemento, C.F. Placas de Yeso, con Lam. Reflectante, tipo Ventilada sin Aislamiento	Cub. Lam. Metalica Natural, C.F. fibrocemento con Lam. Reflectante, tipo Ventilada sin Aislamiento	Cub. Lam. Metalica Natural, C.F. Placas de Yeso, con Lam. Reflectante, tipo Ventilada sin Aislamiento
6:00 AM	31,184	30,451	32,944	31,806	30,973	30,289
11:00 AM	39,451	36,815	42,704	39,320	39,060	36,514
12:00 PM	37,866	35,595	40,075	37,295	37,601	35,391
3:00 PM	37,667	35,442	39,728	37,028	37,369	35,213
5:00 PM	30,829	30,178	31,150	30,425	30,800	30,155

Figura 112. Resultados de Temp. Superficial Interior diferentes combinaciones de materiales en Propuesta 7
Fuente: Elaboración Propia

- Comparación Temperatura Superficial Interior en cubiertas con cielo falso de Placas de Fibrocemento.

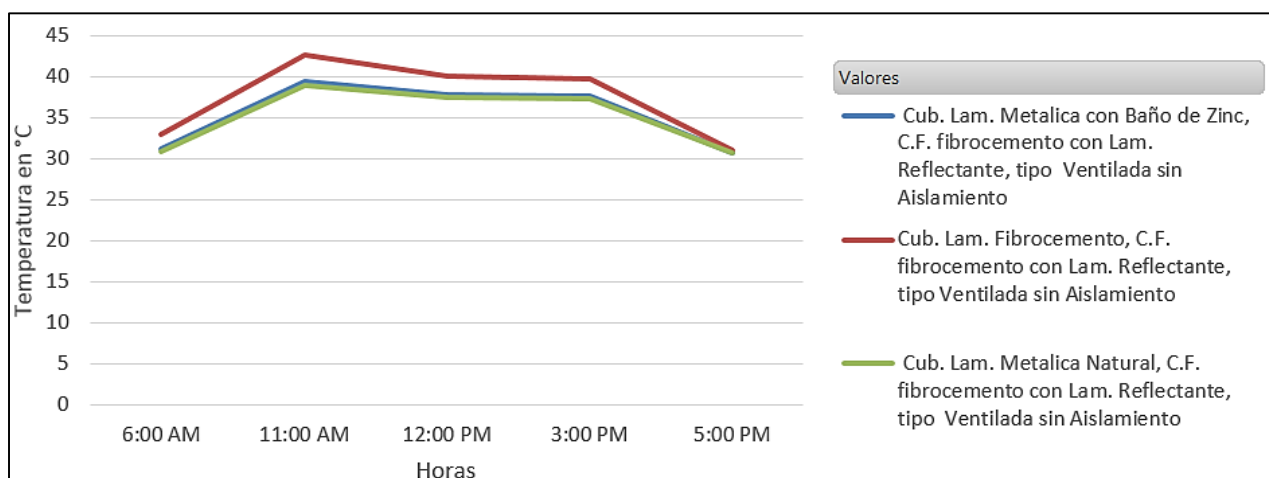


Figura 113. Grafica de Resultados Temperatura Superficial Interior cielo falso Placas Fibrocemento Propuesta 7
Fuente: Elaboración Propia

- Comparación Temperatura Superficial Interior en cubiertas con cielo falso de Placas de Yeso.

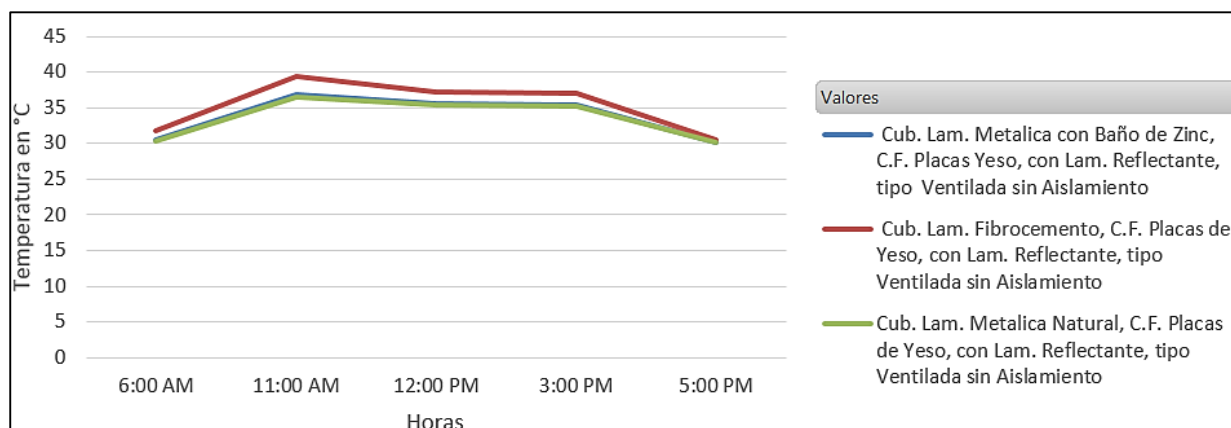


Figura 114. Grafica de Resultados Temperatura Superficial Interior cielo falso de Placas de Yeso Propuesta 7
Fuente: Elaboración Propia

Al estudiar los resultados obtenidos se puede ver como con el cambio de tipología de la cubierta se mejoran notablemente las condiciones de confort ya que se llega a disminuir la temperatura superficial interior hasta en 5 °C para el escenario más desfavorable, lo cual indica que es factible proponer el cambio de tipología a pesar que esto signifique que se pierdan ciertas ventajas que se tenían en el caso anterior, como la fácil implementación a las viviendas que ya se encuentran construidas en el país.

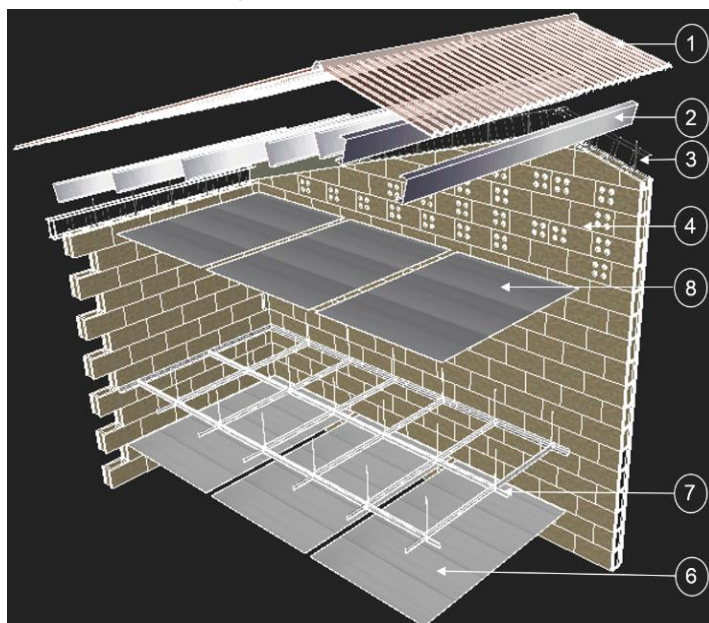


Figura 115. Propuesta en 3 dimensiones Prop. 7
Fuente: Elaboración Propia

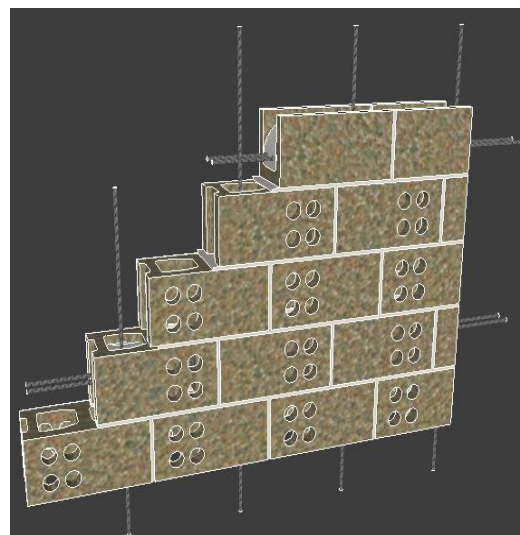


Figura 116. Sistema Constructivo Detalle Prop. 7
Fuente: Elaboración Propia

5.6 COMPARATIVA DE TIPOS DE CUBIERTAS EN LA CONSTRUCCION CONVENCIONAL EN AMBITOS DE CONFORT

En el siguiente cuadro comparativo se exponen todas y cada una de las propuestas de cubiertas que se han descrito anteriormente para así compararlas con el diseño de cubierta actual tomando como parámetro de evaluación, la temperatura superficial interior en cada una de ellas, se ha tomado una hora en específico, las 11:00 horas (hora solar y oficial) del día 13 de abril del presente año debido

Diseño y Soluciones constructivas en la envolvente de la vivienda social en El Salvador: Estudio de la repercusión de la temperatura radiante en el confort térmico interior

a que es el momento del día en el cual se tiene la mayor intensidad de radiación solar así como una alta temperatura exterior, siendo uno de los escenarios más desfavorables para lograr los parámetros de confort necesarios dentro del recinto.

- *Tabla Comparativa de Propuestas de Cubierta contra Existentes en ámbitos de Confort.*

Cubierta	Material Recubrimiento de Cubierta	Material Cielo Falso	Tipología de Cubierta	Materiales Adicionales	Hora	Temperatura Superficial Interior (°C)	Disminución de Temperatura (°C)
Cubiertas Existentes							
Cubiertas Propuestas	Chapa Metálica Natural	Placa Fibrocemento	No Ventilada	-	11:00 AM	55,67	Escenario Actual
	Chapa Metálica con Baño de Zinc	Placa Fibrocemento	No Ventilada	-	11:00 AM	56,68	Escenario Actual
	Lamina Fibrocemento	Placa Fibrocemento	No Ventilada	-	11:00 AM	59,98	Escenario Actual
	Chapa Metálica Natural	Placa de Yeso	No Ventilada	-	11:00 AM	43,65	Escenario Actual
	Chapa Metálica con Baño de Zinc	Placa de Yeso	No Ventilada	-	11:00 AM	44,32	Escenario Actual
	Lamina Fibrocemento	Placa de Yeso	No Ventilada	-	11:00 AM	46,66	Escenario Actual
	Chapa Metálica Natural	Placa Fibrocemento	Ventilada	-	11:00 AM	47,63	12,81
	Chapa Metálica con Baño de Zinc	Placa Fibrocemento	Ventilada	-	11:00 AM	48,33	13,28
	Lamina Fibrocemento	Placa Fibrocemento	Ventilada	-	11:00 AM	51,55	14,33
	Chapa Metálica Natural	Placa de Yeso	Ventilada	-	11:00 AM	43,47	5,09
	Chapa Metálica con Baño de Zinc	Placa de Yeso	Ventilada	-	11:00 AM	44,03	5,37
	Lamina Fibrocemento	Placa de Yeso	Ventilada	-	11:00 AM	46,65	6,00
	Chapa Metálica Natural	Placa Fibrocemento	No Ventilada	20 cm Aislamiento Lana de Roca	11:00 AM	28,62	27,05
	Chapa Metálica con Baño de Zinc	Placa Fibrocemento	No Ventilada	20 cm Aislamiento Lana de Roca	11:00 AM	28,64	28,04
	Lamina Fibrocemento	Placa Fibrocemento	No Ventilada	20 cm Aislamiento Lana de Roca	11:00 AM	28,76	31,02
	Chapa Metálica Natural	Placa de Yeso	No Ventilada	20 cm Aislamiento Lana de Roca	11:00 AM	28,61	15,04
	Chapa Metálica con Baño de Zinc	Placa de Yeso	No Ventilada	20 cm Aislamiento Lana de Roca	11:00 AM	28,63	15,69
	Lamina Fibrocemento	Placa de Yeso	No Ventilada	20 cm Aislamiento Lana de Roca	11:00 AM	28,74	17,92
	Chapa Metálica Natural	Placa Fibrocemento	Ventilada	20 cm Aislamiento Lana de Roca	11:00 AM	28,62	27,05

Diseño y Soluciones constructivas en la envolvente de la vivienda social en El Salvador: Estudio de la repercusión de la temperatura radiante en el confort térmico interior

	Chapa Metálica con Baño de Zinc	Placa Fibrocemento	Ventilada	20 cm Aislamiento Lana de Roca	11:00 AM	28,63	28,05
	Lamina Fibrocemento	Placa Fibrocemento	Ventilada	20 cm Aislamiento Lana de Roca	11:00 AM	28,75	31,03
	Chapa Metálica Natural	Placa de Yeso	Ventilada	20 cm Aislamiento Lana de Roca	11:00 AM	28,60	15,06
	Chapa Metálica con Baño de Zinc	Placa de Yeso	Ventilada	20 cm Aislamiento Lana de Roca	11:00 AM	28,62	15,7
	Lamina Fibrocemento	Placa de Yeso	Ventilada	20 cm Aislamiento Lana de Roca	11:00 AM	28,73	17,93
	Chapa Metálica Natural	Placa Fibrocemento	No Ventilada	20 cm Aislamiento Lana de Roca y Lam. Reflectante	11:00 AM	28,64	27,03
	Chapa Metálica con Baño de Zinc	Placa Fibrocemento	No Ventilada	20 cm Aislamiento Lana de Roca y Lam. Reflectante	11:00 AM	28,66	28,02
	Lamina Fibrocemento	Placa Fibrocemento	No Ventilada	20 cm Aislamiento Lana de Roca y Lam. Reflectante	11:00 AM	29,09	30,89
	Chapa Metálica Natural	Placa de Yeso	No Ventilada	20 cm Aislamiento Lana de Roca y Lam. Reflectante	11:00 AM	28,63	27,04
	Chapa Metálica con Baño de Zinc	Placa de Yeso	No Ventilada	20 cm Aislamiento Lana de Roca y Lam. Reflectante	11:00 AM	28,65	28,03
	Lamina Fibrocemento	Placa de Yeso	No Ventilada	20 cm Aislamiento Lana de Roca y Lam. Reflectante	11:00 AM	29,07	30,91
	Chapa Metálica Natural	Placa Fibrocemento	Ventilada	20 cm Aislamiento Lana de Roca y Lam. Reflectante	11:00 AM	28,61	27,06
	Chapa Metálica con Baño de Zinc	Placa Fibrocemento	Ventilada	20 cm Aislamiento Lana de Roca y Lam. Reflectante	11:00 AM	28,63	28,05
	Lamina Fibrocemento	Placa Fibrocemento	Ventilada	20 cm Aislamiento Lana de Roca y Lam. Reflectante	11:00 AM	28,81	31,17
	Chapa Metálica Natural	Placa de Yeso	Ventilada	20 cm Aislamiento Lana de Roca y Lam. Reflectante	11:00 AM	28,59	27,08
	Chapa Metálica con Baño de Zinc	Placa de Yeso	Ventilada	20 cm Aislamiento Lana de Roca y Lam. Reflectante	11:00 AM	28,61	28,07
	Lamina Fibrocemento	Placa de Yeso	Ventilada	20 cm Aislamiento Lana de Roca y Lam. Reflectante	11:00 AM	28,79	31,19
	Chapa Metálica Natural	Placa Fibrocemento	Ventilada	Lam. Reflectante sin aislamiento	11:00 AM	39,06	16,61
	Chapa Metálica con Baño de Zinc	Placa Fibrocemento	Ventilada	Lam. Reflectante sin aislamiento	11:00 AM	39,45	17,23
	Lamina Fibrocemento	Placa Fibrocemento	Ventilada	Lam. Reflectante sin aislamiento	11:00 AM	42,70	17,28
	Chapa Metálica Natural	Placa de Yeso	Ventilada	Lam. Reflectante sin aislamiento	11:00 AM	36,51	7,14

Diseño y Soluciones constructivas en la envolvente de la vivienda social en El Salvador: Estudio de la repercusión de la temperatura radiante en el confort térmico interior

Chapa Metálica con Baño de Zinc	Placa de Yeso	Ventilada	Lam. Reflectante sin aislamiento	11:00 AM	36,81	7,51
Lamina Fibrocemento	Placa de Yeso	Ventilada	Lam. Reflectante sin aislamiento	11:00 AM	39,32	7,34
Chapa Metálica Galvanizada	Placa Fibrocemento	No Ventilada	Lam. Reflectante sin aislamiento	11:00 AM	39,58	16,09
Chapa Metálica con Baño de Zinc	Placa Fibrocemento	No Ventilada	Lam. Reflectante sin aislamiento	11:00 AM	39,97	16,71
Lamina Fibrocemento	Placa Fibrocemento	No Ventilada	Lam. Reflectante sin aislamiento	11:00 AM	47,91	12,07
Chapa Metálica Natural	Placa de Yeso	No Ventilada	Lam. Reflectante sin aislamiento	11:00 AM	36,91	6,74
Chapa Metálica con Baño de Zinc	Placa de Yeso	No Ventilada	Lam. Reflectante sin aislamiento	11:00 AM	37,22	7,10
Lamina Fibrocemento	Placa de Yeso	No Ventilada	Lam. Reflectante sin aislamiento	11:00 AM	43,33	3,33

Tabla 1. Comparación de Cubiertas Propuestas versus Existentes en relación a Temp. Superficial Interior
Fuente: Elaboración Propia

Una vez analizado el cuadro anterior, se puede determinar qué tan efectivas son cada una de las propuestas en comparación con las cubiertas existentes en El Salvador, basándose en la disminución de temperatura superficial interior (Temperatura Radiante Media).

Al hacer una comparativa se puede ver que todas las nuevas propuestas, sin excepciones, indican una disminución de la temperatura superficial interior en relación a la que actualmente se experimenta lo cual indica que sin importar la opción a elegir se está garantizando una situación de confort mejor a la de hoy en día.

Entre las conclusiones que se pueden obtener una vez analizada la tabla anterior están:

- 1- La lámina de Fibrocemento es el material de recubrimiento que menor disminución de temperatura representa en cada una de las propuestas planteadas, sin importar la tipología o características en relación a las capas que componen cada una de las cubiertas, lo cual se debe a las propiedades del material como lo son la conductividad, coeficiente de resistencia térmica, absorptividad, etc.
- 2- Al igual que en el caso del material de recubrimiento de la cubierta, al estudiar el cielo falso, el formado por placas de fibrocemento es más desfavorable en relación al formado por placas de cartón yeso, sin importar el tipo de material de recubrimiento de la cubierta, siendo la peor combinación de materiales en cubierta; la que está formada por lamina de fibrocemento y cielo falso de placas del mismo material.
- 3- Entre todas las propuestas presentadas, la que mayor porcentaje de mejorar representa en comparación con la cubierta existente, son las cubiertas que tienen una tipología ventilada y que están compuestas tanto por material aislante resistivo como reflexivo ya que con ello se logra una disminución de temperatura de hasta 31.19 °C. Este tipo de propuesta de cubierta además de ser la que mayor disminución de temperatura presenta, es la que tiene un mayor grado de intervención.
- 4- La tipología de cubierta que mejor se comporta con las condiciones climáticas que se están evaluando es la de tipo ventilada, ya que con esta se logra un constante intercambio de aire

entre el interior de la cámara y el exterior, el cual está a menor temperatura que el irradiado por el material de recubrimiento de la cubierta.

Gracias a esto se evita que el aire se acumule en la cámara y que dicha energía radiante se transfiera al material bajo ella, llegando hasta la capa en contacto con el espacio interior, ya que tendría como repercusión un aumento en la temperatura superficial interior.

- 5- La propuesta de cubierta que presenta una mayor eficacia en relación a tipología, sistema constructivo y disminución de temperatura al compararla con la cubierta existente es la propuesta "*Cubierta de tipo no ventilada con 20 cm. de aislamiento de Lana de Roca*" ya que con esta opción se reduce la temperatura 31.07 °C, a pesar de no ser la mayor reducción que se puede observar en dicha tabla.

Sin embargo al compararla con la "*Cubierta de tipo ventilada, con 20 cm. de aislamiento de Lana de Roca y Lamina Reflectante*" con la cual se experimenta el mayor descenso de temperatura, la diferencia entre ambas es de tan solo 0.12 °C y sin embargo el nivel de intervención es claramente mayor, ya que se ha cambiado la tipología de la misma pasando de no ventilada a una de tipo ventilada además de colocarle una nueva capa a la cubierta no obstante estas mejoras no proporcionan una disminución de temperatura acorde al nivel de intervención de la propuesta.

5.7 TEMPERATURA INTERIOR (Temperatura de Aire) Y TEMPERATURA SUPERFICIAL INTERIOR (Temperatura Radiante Media) EN RELACION CON EL CONFORT EN LA EDIFICACION

A continuación se realiza un análisis comparativo tomando como base los seis parámetros explicados anteriormente en el capítulo IV del presente trabajo como lo son: Temperatura Interior (temperatura del aire), Temperatura Superficial Interior (temperatura radiante media), Humedad Relativa, Velocidad de Aire, Nivel de Actividad y Nivel de Arropamiento, que determinan el confort interior propuestos por McPherson, y que Fanger implementó al momento de realizar su teoría del modelo estático; gracias a dicha teoría se logra determinar el Porcentaje Previsto de Insatisfechos en escenarios concretos de confort y que al día de hoy es una de las más implementadas y aceptadas en dicho ámbito de estudio; además de esto, los cálculos se han realizado con el respaldo de la normativa ISO 7730-1993.

Con esta tabla se puede comparar el porcentaje previsto de personas insatisfechas tomando como referencia valores establecidos para ciertos parámetros en relación a la época del año a evaluar, condiciones propias de los individuos, etc. entre los cuales se mencionan: Humedad Relativa, Velocidad del Aire, Nivel de Actividad y Nivel de Arropamiento y variando valores tanto para la Temperatura del Aire así como para la Temperatura Superficial Interior para determinar el comportamiento del Porcentaje Previsto de Insatisfechos en los distintos escenarios de confort.

Diseño y Soluciones constructivas en la envolvente de la vivienda social en El Salvador: Estudio de la repercusión de la temperatura radiante en el confort térmico interior

Temperatura del Aire (°C)	Temperatura Superficial Interior (°C)	Humedad Relativa (en porcentaje)	Velocidad del Aire (m/s)	Nivel de Actividad (Met)	Nivel de Arropamiento (clo)	Porcentaje de Insatisfechos
28	28	54	1,1	1,2	0,7	18,5
28	33	54	1,1	1,2	0,7	35,2
28	38	54	1,1	1,2	0,7	56,3
28	43	54	1,1	1,2	0,7	81,1
28	58	54	1,1	1,2	0,7	99,1
30	28	54	1,1	1,2	0,7	40,3
30	33	54	1,1	1,2	0,7	61,8
30	38	54	1,1	1,2	0,7	84,9
30	43	54	1,1	1,2	0,7	95,3
30	58	54	1,1	1,2	0,7	99,1
32	28	54	1,1	1,2	0,7	72,1
32	33	54	1,1	1,2	0,7	88,3
32	38	54	1,1	1,2	0,7	96,7
32	43	54	1,1	1,2	0,7	99,1
32	58	54	1,1	1,2	0,7	99,1
34	28	54	1,1	1,2	0,7	91,1
34	33	54	1,1	1,2	0,7	97,8
34	38	54	1,1	1,2	0,7	99,1
34	43	54	1,1	1,2	0,7	99,1
34	58	54	1,1	1,2	0,7	99,1
36	28	54	1,1	1,2	0,7	99,1
36	33	54	1,1	1,2	0,7	99,1
36	38	54	1,1	1,2	0,7	99,1
36	43	54	1,1	1,2	0,7	99,1
36	58	54	1,1	1,2	0,7	99,1

Tabla 2. Comparación de la temperatura interior y temperatura superficial interior con relación al confort
Fuente: Elaboración Propia

Entre las conclusiones que se pueden obtener a partir del análisis del presente cuadro comparativo, se puede ver como la temperatura del aire tiene una influencia mayor que la temperatura superficial interior con respecto al porcentaje previsto de insatisfechos, lo cual indica que ciertamente es importante mejorar la construcción y las distintas técnicas utilizadas para la misma ya que a través de esta estrategia se lograr disminuir la temperatura superficial interior como ha sido la base de este trabajo, sin embargo esto tiene ciertas limitantes, ya que los factores ambientales propios de cada lugar son los que determinan la temperatura interior (Temperatura del Aire) la cual, dependiendo de la ventilación del recinto, es el mismo valor que la temperatura exterior o de 2 a 3 °C menos que la misma, dicha temperatura llega a tener un peso mayor en la determinación del porcentaje previsto de insatisfechos como se aprecia en la tabla.

Al analizar la comparativa expuesta en la tabla se observa en un primer escenario que con una temperatura de aire estable de 28 °C, y una temperatura superficial interior con el mismo valor se llega a tener un 18.5% de personas insatisfechas, sin embargo para llegar a un 99.1% de insatisfechos es necesario aumentar en 30°C la temperatura superficial interior; por caso contrario; teniendo la temperatura superficial interior con un valor de 28 °C como en el primer caso pero aumentando la temperatura del aire en tan solo 8 °C se llega igualmente a un 99.1% de personas insatisfechas, existe una diferencia en el aumento de temperaturas de 28 °C ya que no se ha aumentado ni siquiera un tercio del valor que se aumentó la temperatura superficial interior para llegar a ese 99.1% de insatisfechos.

Gracias a esto se puede ver como con un aumento de menores proporciones en la temperatura del aire se tiene el mismo nivel de disconfort que con un aumento claramente mayor en la temperatura superficial interior se refiere. Esto indica que si bien es necesario destinar tiempo y esfuerzo para determinar el tipo de construcción y las técnicas a implementar para mejorar las situaciones de confort en el interior de los espacios y así hacer frente a las exigencias climáticas del entorno al cual se está expuesto, sin la utilización de sistemas activos de ventilación que ayuden a disminuir la temperatura interior en el recinto (temperatura del aire), se debe estar conscientes que existen ciertas

limitantes las cuales condicionan al momento de lograr el confort, esta situación se pone en evidencia cuando los factores climáticos propios de cada lugar influyen drásticamente aumentando o disminuyendo la temperatura del aire, humedad relativa, etc. Factores climáticos sobre los cuales no se tiene control alguno pero que sin embargo tienen repercusiones severas en dicho confort lo cual se torna extremadamente difícil solventar únicamente con sistemas pasivos; debido a esta situación se ve la necesidad de recurrir a sistemas activos de refrigeración o calefacción para así disminuir o aumentar en cualquiera que sea el caso, la temperatura interior del aire en el recinto para tener mejores condiciones que permitan garantizar dicha satisfacción por parte de los usuarios.

La contribución de estas en conjunto con la temperatura superficial interior, la cual es posible modificar haciendo uso de determinadas técnicas y estrategias de construcción en relación al clima al que se está expuesto dando como resultado situaciones de confort óptimas para los individuos en los diferentes escenarios climáticos.

5.8 EVALUACION DE CUBIERTAS TANTO EXISTENTES COMO PROPUESTAS EN BASE A PORCENTAJE PREVISTO DE INSATISFECHOS, EN COMPARACION AL COSTO ECONOMICO DE LAS MISMAS

En las siguientes tablas se muestran ejemplos de presupuestos que se han realizado, tanto para las cubiertas actuales, como para las propuestas que se ha diseñado, con el fin de determinar el coste económico por metro cuadrado que representa la construcción de cada una de ellas. En este presupuesto se indican los diferentes elementos que componen las distintas opciones así como sus precios unitarios, dichos precios incluyen: materiales, mano de obra y equipos o herramientas excluyendo únicamente el Impuesto de Venta Agregado (IVA) que es igual al 13% en El Salvador.

Las cantidades que se han utilizado se han tomado de un proyecto aleatorio, ya que no es recomendable obtener el precio por metro cuadrado tomando como base el mismo metro cuadrado de edificación debido a que de esta manera no se podría contabilizar el desperdicio de material ni las dimensiones estándar en las que se comercializan los distintos materiales de construcción.

- Presupuesto base para la construcción de “Cubiertas Existentes” en El Salvador.

PRESUPUESTO CUBIERTA CON LAMINA METALICA CON BAÑO DE ZINC							
ITEM	DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNT	SUB.TOTAL	TOTAL	PRECIO/M2
1,0	TECHOS						
1,1	CUBIERTA DE LÁMINA ZINCALUM C.26 P.EST. COLOR NATURAL CON CUMBRERA	M2	45,34	\$12,56	\$569,41		
1,2	CANALES DE LÁMINA GALVANIZADA C.26	ML	7,00	\$14,70	\$102,90		
1,3	BOTAGUAS DE LÁMINA C.26	ML	24,72	\$16,56	\$409,36		
1,4	POLIN C DE 6"	ML	25,20	\$5,74	\$144,65		
1,5,1	CIELO FALSO DE TABLAROCA, PINTADO 2 MANOS COLOR BLANCO	M2		\$21,15	\$0,00		
1,5,2	CIELO FALSO DE FIBROCEMENTO TIPO GALAXY, INSTALADO	M2	45,34	\$8,50	\$385,39		
	TOTAL TECHOS					\$1.611,71	\$35,55
PRESUPUESTO CUBIERTA CON LAMINA FIBROCEMENTO							
ITEM	DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNT	SUB.TOTAL	TOTAL	PRECIO/M2
1,0	TECHOS						
1,1	CUBIERTA DE LÁMINA CANAL PLYCEM ESTANDAR GRIS 1,52 M DE LARGO	M2	45,34	\$13,45	\$609,84		
1,2	CANALES DE LÁMINA GALVANIZADA C.26	ML	7,00	\$14,70	\$102,90		
1,3	BOTAGUAS DE LÁMINA C.26	ML	24,72	\$16,56	\$409,36		
1,4	POLIN C DE 6"	ML	25,20	\$5,74	\$144,65		
1,5,1	CIELO FALSO DE TABLAROCA, PINTADO 2 MANOS COLOR BLANCO	M2		\$21,15	\$0,00		
1,5,2	CIELO FALSO DE FIBROCEMENTO TIPO GALAXY, INSTALADO	M2	45,34	\$8,50	\$385,39		
	TOTAL TECHOS					\$1.652,14	\$36,44
PRESUPUESTO CUBIERTA CON LAMINA METALICA GALVANIZADA							
ITEM	DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNT	SUB.TOTAL	TOTAL	PRECIO/M2
1,0	TECHOS						
1,1	CUBIERTA DE LÁMINA ONDULADA GALVANIZADA 1,82X0,91 M, #26	M2	45,34	\$12,50	\$566,94		
1,2	CANALES DE LÁMINA GALVANIZADA C.26	ML	7,00	\$14,70	\$102,90		
1,3	BOTAGUAS DE LÁMINA C.26	ML	24,72	\$16,56	\$409,36		
1,4	POLIN C DE 6"	ML	25,20	\$5,74	\$144,65		
1,5,1	CIELO FALSO DE TABLAROCA, PINTADO 2 MANOS COLOR BLANCO	M2		\$21,15	\$0,00		
1,5,2	CIELO FALSO DE FIBROCEMENTO TIPO GALAXY, INSTALADO	M2	45,34	\$8,50	\$385,39		
	TOTAL TECHOS					\$1.609,24	\$35,49

Figura 117. Presupuesto para cada una de las opciones de cubiertas existentes en El Salvador
Fuente: Elaboración Propia

Diseño y Soluciones constructivas en la envolvente de la vivienda social en El Salvador: Estudio de la repercusión de la temperatura radiante en el confort térmico interior

- Presupuesto base para la construcción de *Cubierta de tipo ventilada, con 20 cm. de aislamiento de Lana de Roca y Lamina Reflectante*.

PRESUPUESTO CUBIERTA CON LAMINA METALICA CON BAÑO DE ZINC, LAMINA REFLECANTE Y AISLAMIENTO LANA DE ROCA							
ITEM	DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNT	SUB.TOTAL	TOTAL	PRECIO/M2
1,0	TECHOS						
1,1	CUBIERTA DE LÁMINA ZINCALUM C.26 P. EST. COLOR NATURAL CON CUMBRERA	M2	45,34	\$12,56	\$569,41		
1,2	CANALES DE LÁMINA GALVANIZADA C.26	ML	7,00	\$14,70	\$102,90		
1,3	BOTAGUAS DE LÁMINA C.26	ML	24,72	\$16,56	\$409,36		
1,4	POLIN C DE 6"	ML	25,20	\$5,74	\$144,65		
1,5,1	CIELO FALSO DE TABLAROCA, PINTADO 2 MANOS COLOR BLANCO	M2	45,34	\$21,15	\$958,94		
1,5,2	CIELO FALSO DE FIBROCEMENTO TIPO GALAXY	M2		\$8,50	\$0,00		
1,6	HECHURA DE AGUJEROS PARA CUBIERTA VENTILADA INCLUIDA COLOCACION DE MALLA	M2	7,16	\$64,40	\$461,10		
1,7	AISLAMIENTO LANA DE ROCA de 9 CM (doble capa para hacer los 20 cms) no adh.	M2	90,68	\$6,51	\$590,55		
1,8	LAMINA REFLECTANTE	M2	45,34	\$16,84	\$763,39		
	TOTAL TECHOS					\$4.000,30	\$88,23

PRESUPUESTO CUBIERTA CON LAMINA FIBROCEMENTO, LAMINA REFLECANTE Y AISLAMIENTO LANA DE ROCA							
ITEM	DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNT	SUB.TOTAL	TOTAL	PRECIO/M2
1,0	TECHOS						
1,1	CUBIERTA DE LÁMINA CANAL PLYCEM ESTANDAR GRIS 1,52 M DE LARGO	M2	45,34	\$13,45	\$609,84		
1,2	CANALES DE LÁMINA GALVANIZADA C.26	ML	7,00	\$14,70	\$102,90		
1,3	BOTAGUAS DE LÁMINA C.26	ML	24,72	\$16,56	\$409,36		
1,4	POLIN C DE 6"	ML	25,20	\$5,74	\$144,65		
1,5,1	CIELO FALSO DE TABLAROCA, PINTADO 2 MANOS COLOR BLANCO	M2	45,34	\$21,15	\$958,94		
1,5,2	CIELO FALSO DE FIBROCEMENTO TIPO GALAXY	M2		\$8,50	\$0,00		
1,6	HECHURA DE AGUJEROS PARA CUBIERTA VENTILADA INCLUIDA COLOCACION DE MALLA	M2	7,16	\$64,40	\$461,10		
1,7	AISLAMIENTO LANA DE ROCA de 9 CM (doble capa para hacer los 20 cms) no adh.	M2	90,68	\$6,51	\$590,55		
1,8	LAMINA REFLECTANTE	M2	45,34	\$16,84	\$763,39		
	TOTAL TECHOS					\$4.040,73	\$89,12

PRESUPUESTO CUBIERTA CON LAMINA METALICA GALVANIZADA, LAMINA REFLECANTE Y AISLAMIENTO LANA DE ROCA							
ITEM	DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNT	SUB.TOTAL	TOTAL	PRECIO/M2
1,0	TECHOS						
1,1	CUBIERTA DE LÁMINA ONDULADA GALVANIZADA 1,82X0,91 M, #26	M2	45,34	\$12,50	\$566,94		
1,2	CANALES DE LÁMINA GALVANIZADA C.26	ML	7,00	\$14,70	\$102,90		
1,3	BOTAGUAS DE LÁMINA C.26	ML	24,72	\$16,56	\$409,36		
1,4	POLIN C DE 6"	ML	25,20	\$5,74	\$144,65		
1,5,1	CIELO FALSO DE TABLAROCA, PINTADO 2 MANOS COLOR BLANCO	M2	45,34	\$21,15	\$958,94		
1,5,2	CIELO FALSO DE FIBROCEMENTO TIPO GALAXY	M2		\$8,50	\$0,00		
1,6	HECHURA DE AGUJEROS PARA CUBIERTA VENTILADA INCLUIDA COLOCACION DE MALLA	M2	7,16	\$64,40	\$461,10		
1,7	AISLAMIENTO LANA DE ROCA de 9 CM (doble capa para hacer los 20 cms) no adh.	M2	90,68	\$6,51	\$590,55		
1,8	LAMINA REFLECTANTE	M2	45,34	\$16,84	\$763,39		
	TOTAL TECHOS					\$3.997,83	\$88,17

Figura 118. Presupuesto para cada una de las opciones de cubiertas existentes en El Salvador
Fuente: Elaboración Propia

- Presupuesto base para la construcción de *Cubierta de tipo no ventilada, con 20 cm. de aislamiento de Lana de Roca*.

PRESUPUESTO CUBIERTA CON LAMINA METALICA CON BAÑO DE ZINC, LAMINA REFLECANTE Y AISLAMIENTO LANA DE ROCA							
ITEM	DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNT	SUB.TOTAL	TOTAL	PRECIO/M2
1,0	TECHOS						
1,1	CUBIERTA DE LÁMINA ZINCALUM C.26 P. EST. COLOR NATURAL CON CUMBRERA	M2	45,34	\$12,56	\$569,41		
1,2	CANALES DE LÁMINA GALVANIZADA C.26	ML	7,00	\$14,70	\$102,90		
1,3	BOTAGUAS DE LÁMINA C.26	ML	24,72	\$16,56	\$409,36		
1,4	POLIN C DE 6"	ML	25,20	\$5,74	\$144,65		
1,5,1	CIELO FALSO DE TABLAROCA, PINTADO 2 MANOS COLOR BLANCO	M2	45,34	\$21,15	\$958,94		
1,5,2	CIELO FALSO DE FIBROCEMENTO TIPO GALAXY	M2		\$8,50	\$0,00		
1,6	HECHURA DE AGUJEROS PARA CUBIERTA VENTILADA INCLUIDA COLOCACION DE MALLA	M2		\$64,40	\$0,00		
1,7	AISLAMIENTO LANA DE ROCA de 9 CM (doble capa para hacer los 20 cms) no adh.	M2	90,68	\$6,51	\$590,55		
1,8	LAMINA REFLECTANTE	M2		\$16,84	\$0,00		
	TOTAL TECHOS					\$2.775,81	\$61,22

PRESUPUESTO CUBIERTA CON LAMINA FIBROCEMENTO, LAMINA REFLECANTE Y AISLAMIENTO LANA DE ROCA							
ITEM	DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNT	SUB.TOTAL	TOTAL	PRECIO/M2
1,0	TECHOS						
1,1	CUBIERTA DE LÁMINA CANAL PLYCEM ESTANDAR GRIS 1,52 M DE LARGO	M2	45,34	\$13,45	\$609,84		
1,2	CANALES DE LÁMINA GALVANIZADA C.26	ML	7,00	\$14,70	\$102,90		
1,3	BOTAGUAS DE LÁMINA C.26	ML	24,72	\$16,56	\$409,36		
1,4	POLIN C DE 6"	ML	25,20	\$5,74	\$144,65		
1,5,1	CIELO FALSO DE TABLAROCA, PINTADO 2 MANOS COLOR BLANCO	M2	45,34	\$21,15	\$958,94		
1,5,2	CIELO FALSO DE FIBROCEMENTO TIPO GALAXY	M2		\$8,50	\$0,00		
1,6	HECHURA DE AGUJEROS PARA CUBIERTA VENTILADA INCLUIDA COLOCACION DE MALLA	M2		\$64,40	\$0,00		
1,7	AISLAMIENTO LANA DE ROCA de 9 CM (doble capa para hacer los 20 cms) no adh.	M2	90,68	\$6,51	\$590,55		
1,8	LAMINA REFLECTANTE	M2		\$16,84	\$0,00		
	TOTAL TECHOS					\$2.816,24	\$62,11

PRESUPUESTO CUBIERTA CON LAMINA METALICA GALVANIZADA, LAMINA REFLECANTE Y AISLAMIENTO LANA DE ROCA							
ITEM	DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNT	SUB.TOTAL	TOTAL	PRECIO/M2
1,0	TECHOS						
1,1	CUBIERTA DE LÁMINA ONDULADA GALVANIZADA 1,82X0,91 M, #26	M2	45,34	\$12,50	\$566,94		
1,2	CANALES DE LÁMINA GALVANIZADA C.26	ML	7,00	\$14,70	\$102,90		
1,3	BOTAGUAS DE LÁMINA C.26	ML	24,72	\$16,56	\$409,36		
1,4	POLIN C DE 6"	ML	25,20	\$5,74	\$144,65		
1,5,1	CIELO FALSO DE TABLAROCA, PINTADO 2 MANOS COLOR BLANCO	M2	45,34	\$21,15	\$958,94		
1,5,2	CIELO FALSO DE FIBROCEMENTO TIPO GALAXY	M2		\$8,50	\$0,00		
1,6	HECHURA DE AGUJEROS PARA CUBIERTA VENTILADA INCLUIDA COLOCACION DE MALLA	M2		\$64,40	\$0,00		
1,7	AISLAMIENTO LANA DE ROCA de 9 CM (doble capa para hacer los 20 cms) no adh.	M2	90,68	\$6,51	\$590,55		
1,8	LAMINA REFLECTANTE	M2		\$16,84	\$0,00		
	TOTAL TECHOS					\$2.773,34	\$61,17

Figura 119. Presupuesto para cada una de las opciones de cubiertas existentes en El Salvador
Fuente: Elaboración Propia

Diseño y Soluciones constructivas en la envolvente de la vivienda social en El Salvador: Estudio de la repercusión de la temperatura radiante en el confort térmico interior

En el siguiente cuadro se realiza una comparación de cada una de las cubiertas, evaluándolas en base a dos parámetros principales; el porcentaje previsto de insatisfechos tomando en cuenta cada uno de los parámetros que fueron explicados en el apartado anterior y el coste económico por metro cuadrado, para así determinar cuál propuesta tiene una mayor conveniencia en relación al coste económico como ámbito de confort y así determinar la eficiencia de las mismas en este rubro.

- Cuadro Comparativo de Cubiertas. (Porcentaje de Insatisfechos/ Coste por Metro Cuadrado)

Cubierta	Material Cubierta	Material Cielo Falso	Tipología de Cubierta	Materiales Adicionales	Hora	Temperatura Superficial Interior	Temperatura del Aire	Humedad (en %)	Porcentaje Insatisfechos	Coste de Cubierta \$/M2
Cubiertas Existentes										
	Chapa Metálica Natural	Placa Fibrocemento	No Ventilada	-	11:00 AM	55.67	28	54	99.1	35.49
	Chapa Metálica con Baño de Zinc	Placa Fibrocemento	No Ventilada	-	11:00 AM	56.68	28	54	99.1	35.55
	Lamina Fibrocemento	Placa Fibrocemento	No Ventilada	-	11:00 AM	59.98	28	54	99.1	36.44
	Chapa Metálica Natural	Placa de Yeso	No Ventilada	-	11:00 AM	43.65	28	54	81.1	48.14
	Chapa Metálica con Baño de Zinc	Placa de Yeso	No Ventilada	-	11:00 AM	44.32	28	54	84.6	48.20
	Lamina Fibrocemento	Placa de Yeso	No Ventilada	-	11:00 AM	46.66	28	54	91.1	49.09
Cubiertas Propuestas										
	Chapa Metálica Natural	Placa Fibrocemento	Ventilada	-	11:00 AM	47.63	28	54	93.4	45.66
	Chapa Metálica con Baño de Zinc	Placa Fibrocemento	Ventilada	-	11:00 AM	48.33	28	54	95.3	45.72
	Lamina Fibrocemento	Placa Fibrocemento	Ventilada	-	11:00 AM	51.55	28	54	98.6	46.61
	Chapa Metálica Natural	Placa de Yeso	Ventilada	-	11:00 AM	43.47	28	54	81.1	58.31
	Chapa Metálica con Baño de Zinc	Placa de Yeso	Ventilada	-	11:00 AM	44.03	28	54	84.9	58.37
	Lamina Fibrocemento	Placa de Yeso	Ventilada	-	11:00 AM	46.65	28	54	91.1	59.26
	Chapa Metálica Natural	Placa Fibrocemento	No Ventilada	20 cm Aislamiento Lana de Roca	11:00 AM	28.62	28	54	18.5	48.47
	Chapa Metálica con Baño de Zinc	Placa Fibrocemento	No Ventilada	20 cm Aislamiento Lana de Roca	11:00 AM	28.64	28	54	18.7	48.57
	Lamina Fibrocemento	Placa Fibrocemento	No Ventilada	20 cm Aislamiento Lana de Roca	11:00 AM	28.76	28	54	19.5	49.46
	Chapa Metálica Natural	Placa de Yeso	No Ventilada	20 cm Aislamiento Lana de Roca	11:00 AM	28.61	28	54	18.5	61.12
	Chapa Metálica con Baño de Zinc	Placa de Yeso	No Ventilada	20 cm Aislamiento Lana de Roca	11:00 AM	28.63	28	54	18.6	61.22
	Lamina Fibrocemento	Placa de Yeso	No Ventilada	20 cm Aislamiento Lana de Roca	11:00 AM	28.74	28	54	19.5	62.11
	Chapa Metálica Natural	Placa Fibrocemento	Ventilada	20 cm Aislamiento Lana de Roca	11:00 AM	28.62	28	54	18.5	58.64
	Chapa Metálica con Baño de Zinc	Placa Fibrocemento	Ventilada	20 cm Aislamiento Lana de Roca	11:00 AM	28.63	28	54	18.5	58.74
	Lamina Fibrocemento	Placa Fibrocemento	Ventilada	20 cm Aislamiento Lana de Roca	11:00 AM	28.75	28	54	19.6	59.63

Diseño y Soluciones constructivas en la envolvente de la vivienda social en El Salvador: Estudio de la repercusión de la temperatura radiante en el confort térmico interior

<i>Chapa Metálica Natural</i>	Placa de Yeso	Ventilada	20 cm Aislamiento Lana de Roca	11:00 AM	28.60	28	54	18.5	71.29
<i>Chapa Metálica con Baño de Zinc</i>	Placa de Yeso	Ventilada	20 cm Aislamiento Lana de Roca	11:00 AM	28.62	28	54	18.5	71.39
<i>Lamina Fibrocemento</i>	Placa de Yeso	Ventilada	20 cm Aislamiento Lana de Roca	11:00 AM	28.73	28	54	19.5	72.28
<i>Chapa Metálica Natural</i>	Placa Fibrocemento	No Ventilada	20 cm Aislamiento Lana de Roca y Lam. Reflectante	11:00 AM	28.64	28	54	18.7	65.31
<i>Chapa Metálica con Baño de Zinc</i>	Placa Fibrocemento	No Ventilada	20 cm Aislamiento Lana de Roca y Lam. Reflectante	11:00 AM	28.66	28	54	18.8	65.41
<i>Lamina Fibrocemento</i>	Placa Fibrocemento	No Ventilada	20 cm Aislamiento Lana de Roca y Lam. Reflectante	11:00 AM	29.09	28	54	20.2	66.30
<i>Chapa Metálica Natural</i>	Placa de Yeso	No Ventilada	20 cm Aislamiento Lana de Roca y Lam. Reflectante	11:00 AM	28.63	28	54	18.6	77.96
<i>Chapa Metálica con Baño de Zinc</i>	Placa de Yeso	No Ventilada	20 cm Aislamiento Lana de Roca y Lam. Reflectante	11:00 AM	28.65	28	54	18.8	78.06
<i>Lamina Fibrocemento</i>	Placa de Yeso	No Ventilada	20 cm Aislamiento Lana de Roca y Lam. Reflectante	11:00 AM	29.07	28	54	20.2	78.95
<i>Chapa Metálica Natural</i>	Placa Fibrocemento	Ventilada	20 cm Aislamiento Lana de Roca y Lam. Reflectante	11:00 AM	28.61	28	54	18.5	75.48
<i>Chapa Metálica con Baño de Zinc</i>	Placa Fibrocemento	Ventilada	20 cm Aislamiento Lana de Roca y Lam. Reflectante	11:00 AM	28.63	28	54	18.6	75.58
<i>Lamina Fibrocemento</i>	Placa Fibrocemento	Ventilada	20 cm Aislamiento Lana de Roca y Lam. Reflectante	11:00 AM	28.81	28	54	19.8	76.47
<i>Chapa Metálica Natural</i>	Placa de Yeso	Ventilada	20 cm Aislamiento Lana de Roca y Lam. Reflectante	11:00 AM	28.59	28	54	18.4	88.17
<i>Chapa Metálica con Baño de Zinc</i>	Placa de Yeso	Ventilada	20 cm Aislamiento Lana de Roca y Lam. Reflectante	11:00 AM	28.61	28	54	18.5	88.23
<i>Lamina Fibrocemento</i>	Placa de Yeso	Ventilada	20 cm Aislamiento Lana de Roca y Lam. Reflectante	11:00 AM	28.79	28	54	19.76	89.12
<i>Chapa Metálica Natural</i>	Placa Fibrocemento	Ventilada	Lam. Reflectante sin aislamiento	11:00 AM	39.06	28	54	26.10	62.5
<i>Chapa Metálica con Baño de Zinc</i>	Placa Fibrocemento	Ventilada	Lam. Reflectante sin aislamiento	11:00 AM	39.45	28	54	26.20	62.55
<i>Lamina Fibrocemento</i>	Placa Fibrocemento	Ventilada	Lam. Reflectante sin aislamiento	11:00 AM	42.7	28	54	35.20	63.45
<i>Chapa Metálica Natural</i>	Placa de Yeso	Ventilada	Lam. Reflectante sin aislamiento	11:00 AM	36.51	28	54	26.10	75.15
<i>Chapa Metálica con Baño de Zinc</i>	Placa de Yeso	Ventilada	Lam. Reflectante sin aislamiento	11:00 AM	36.81	28	54	26.30	75.2
<i>Lamina Fibrocemento</i>	Placa de Yeso	Ventilada	Lam. Reflectante sin aislamiento	11:00 AM	39.32	28	54	30.50	76.1
<i>Chapa Metálica Natural</i>	Placa Fibrocemento	No Ventilada	Lam. Reflectante sin aislamiento	11:00 AM	39.58	28	54	26.70	52.33
<i>Chapa Metálica con Baño de Zinc</i>	Placa Fibrocemento	No Ventilada	Lam. Reflectante sin aislamiento	11:00 AM	39.97	28	54	26.80	52.38
<i>Lamina Fibrocemento</i>	Placa Fibrocemento	No Ventilada	Lam. Reflectante sin aislamiento	11:00 AM	47.91	28	54	45.50	53.28

Diseño y Soluciones constructivas en la envolvente de la vivienda social en El Salvador: Estudio de la repercusión de la temperatura radiante en el confort térmico interior

<i>Chapa Metálica Natural</i>	Placa de Yeso	No Ventilada	Lam. Reflectante sin aislamiento	11:00 AM	36.91	28	54	26.40	64.98
<i>Chapa Metálica con Baño de Zinc</i>	Placa de Yeso	No Ventilada	Lam. Reflectante sin aislamiento	11:00 AM	37.21	28	54	26.50	65.03
<i>Lamina Fibrocemento</i>	Placa de Yeso	No Ventilada	Lam. Reflectante sin aislamiento	11:00 AM	43.32	28	54	40.30	65.93

Tabla 3. Comparación de Propuestas en relación al Porcentaje de Insatisfechos versus Coste Económico/m2
Fuente: Elaboración Propia

- *Tabla Comparación de las propuestas de Cubierta de Chapa Metálica con acabado Natural*

Material Cubierta	Coste de cubierta	Porcentaje de Satisfechos	Código por Color
<i>Chapa Metálica Natural, C.F. Placas de Fibrocemento, tipo No Ventilada</i>	\$ 35.49	0.9	ROJO
<i>Chapa Metálica Natural, C.F. Placas de Fibrocemento, tipo Ventilada</i>	\$ 45.66	6.6	ANARANJADO
<i>Chapa Metálica Natural, C.F. Placas de Fibrocemento, tipo no Ventilada, con Aislamiento</i>	\$ 48.47	81.5	VERDE
<i>Chapa Metálica Natural, C.F. Placas de Fibrocemento, tipo Ventilada, con Aislamiento</i>	\$ 58.64	81.5	CAFÉ
<i>Chapa Metálica Natural, C.F. Placas de Fibrocemento, tipo no Ventilada, con Lam. Reflectante y Aislamiento</i>	\$ 65.31	81.3	AMARILLO
<i>Chapa Metálica Natural, C.F. Placas de Fibrocemento, tipo Ventilada, con Lam. Reflectante y Aislamiento</i>	\$ 75.48	81.5	CELESTE
<i>Chapa Metálica Natural, C.F. Placas de Fibrocemento, Ventilada con Lam. Reflectante sin aislamiento</i>	\$ 62.50	73.90	GRIS
<i>Chapa Metálica Natural, C.F. Placas de Fibrocemento, No Ventilada con Lam. Reflectante sin aislamiento</i>	\$ 52.33	73.30	AZUL

Tabla 4. Comparación de las propuestas de Cubierta de Chapa Metálica con acabado Natural
Fuente: Elaboración Propia

- *Grafica Comparación de las propuestas de Cubierta de Chapa Metálica con acabado Natural*

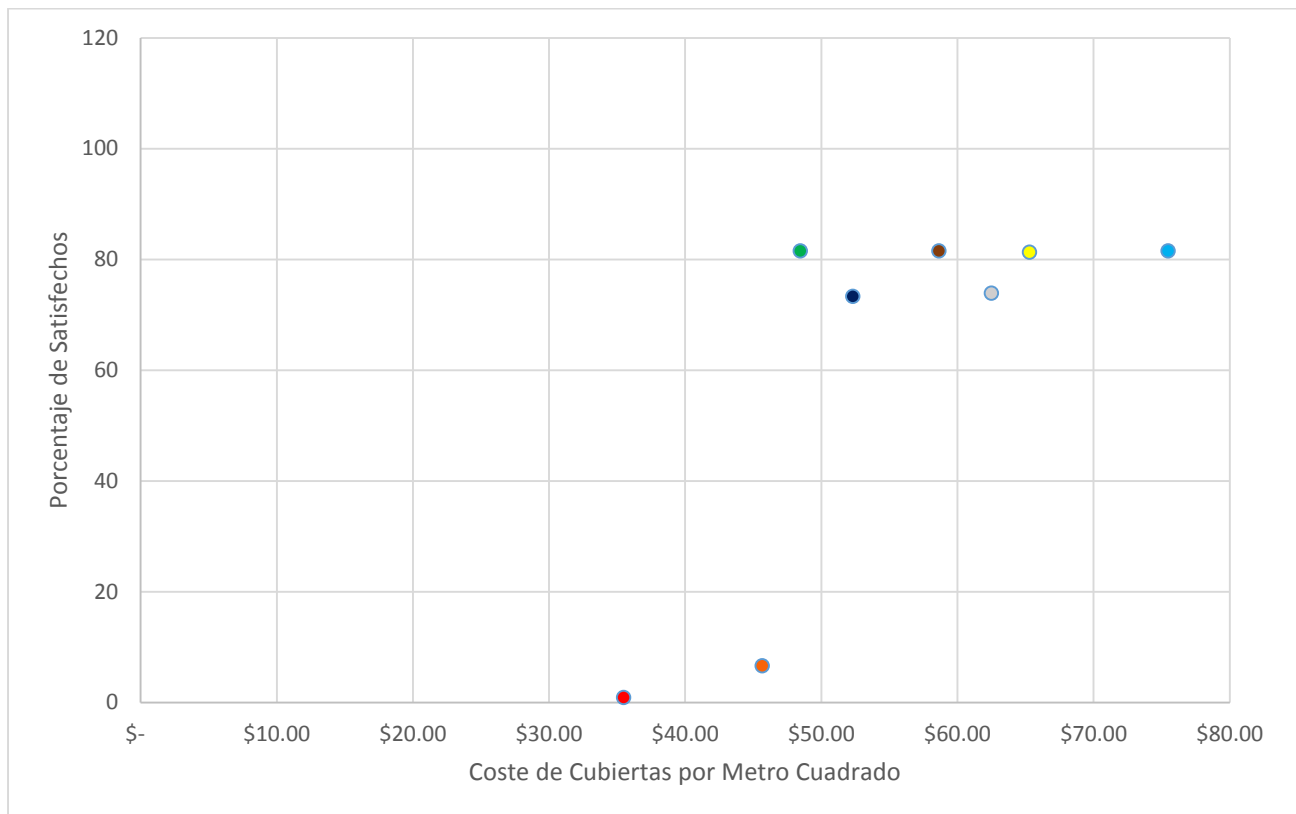


Figura 120. Grafica Comparación de las propuestas de Cubierta de Chapa Metálica con acabado Natural
Fuente: Elaboración Propia

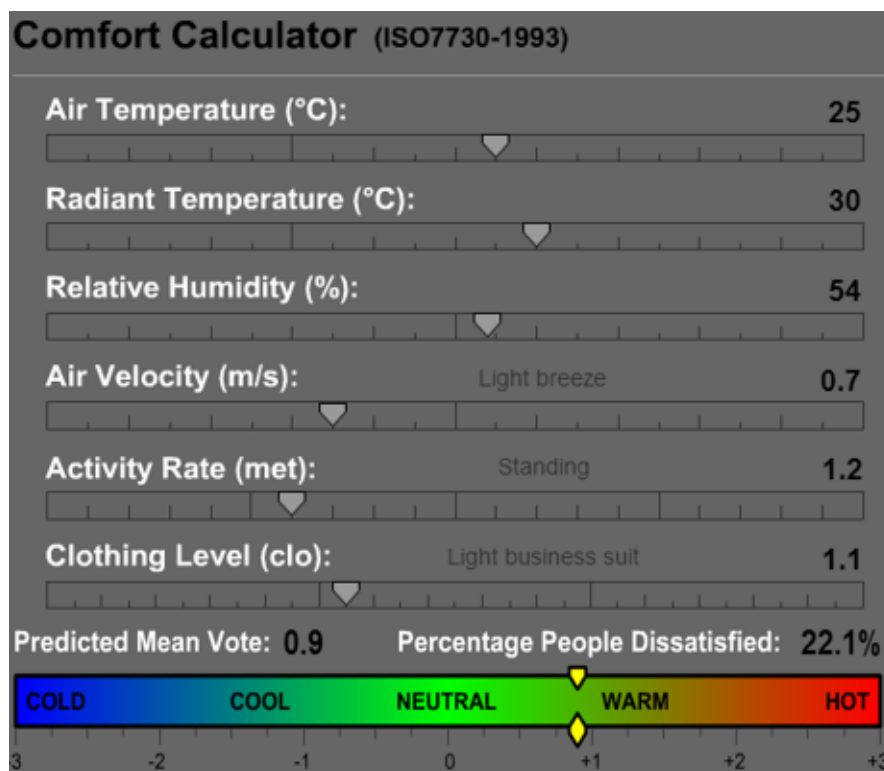


Figura 121. Calculadora de Confort Térmico en base a norma ISO 7730-1993
Fuente: <http://www.healthyheating.com/solutions.htm#.VecyUPntmkr>

Entre las conclusiones que se pueden obtener luego de analizada la gráfica comparativa están:

- 1- Si se enfoca únicamente en la opción de cubierta que supondría la mayor reducción de temperatura superficial interior, la propuesta *"Cubierta de Chapa Metálica con cielo falso de Placas de Yeso, de tipo Ventilada, con 20 cm de aislamiento y Lamina Reflectante"* sería la opción idónea a tomar, ya que se logra una temperatura superficial interior de 28.59 °C, con un porcentaje previsto de insatisfechos de tan solo 18.4%, sin embargo en el ámbito económico, esta es una de las opciones más costosas entre las expuestas con un valor por metro cuadrado que ronda los 88.17 dólares. Como se puede apreciar existe una diferencia significativa en cada uno de los parámetros evaluados al compararla con las cubiertas existentes; es una propuesta muy efectiva pero igualmente costosa.
- 2- El tipo de propuesta que supone el mayor coste por metro cuadrado reflejando en la tabla es *"Cubierta de Lamina de Fibrocemento con cielo falso de Placas de Yeso, Ventilada con 20 cm de aislamiento y Lamina Reflectante"* con un coste de 89.12 dólares/m², así mismo esta opción supondría alcanzar una temperatura superficial interior de 28.79 °C con un porcentaje de insatisfechos de 18.5%, sin embargo no representa el porcentaje más bajo de insatisfechos ni la menor temperatura superficial interior, por lo que la opción con el coste económico más elevado no representa la mayor eficiencia posible.
- 3- Las cubiertas que a día de hoy se construyen en el entorno tienen un intervalo de precios que van desde 35.49 hasta 49.09 dólares/m², siendo la opción más económica la *"Cubierta de Chapa Metálica con cielo falso de placas de Fibrocemento"* entre las presentadas, sin embargo tiene un porcentaje de insatisfechos de 99.1%, alcanzando una temperatura superficial interior de hasta 57.67 °C, si bien no es el caso más desfavorable, resulta casi imposible poder llegar a garantizar algún grado de confort interior, sin embargo al agregarle únicamente una lámina reflectante, sin necesidad de cambiar la tipología de la cubierta, se puede experimentar una mejora sustancial, ya que la temperatura disminuye, llegando a valores de 31.25 °C, así como el porcentaje de insatisfechos, que sería de 26.7%. Todas estas mejoras supondrían en el ámbito de costes un aumento de 16.84 dólares/m², la cual sería una buena opción si no se cuenta con una gran cantidad de recursos o si no se desea realizar una intervención de carácter elevado para mejorar las condiciones de la cubierta y garantizar un mayor porcentaje de confort interior.
- 4- La propuesta de cubierta que mayor equilibrio presenta en la comparativa realizada en relación a los parámetros evaluados es la *"Cubierta de chapa Metálica, no ventilada con 20 cm de aislamiento de Lana de Roca"*, con esta opción se tiene una temperatura superficial interior de 28.62 °C, un porcentaje de insatisfechos de 18.5% y finalmente un coste de 48.47 dólares/m², al compararla con la opción más eficaz en términos de confort se encuentra tan solo 0.03 °C por encima de esta en el ámbito de temperatura superficial interior se refiere así como un 0.1% en porcentaje previsto de insatisfechos; al analizarla desde el punto de vista económico, el coste por metro cuadrado es de 48.47 dólares/m² con lo que se logra una disminución de 39.70 dólares/m² reduciendo en un poco menos de la mitad el coste total de la cubierta con las mejores prestaciones de confort.

Capítulo VI

Conclusiones Generales

- 6.1** CONCLUSIONES DE COMPARATIVA DE TIPOS DE CUBIERTA CONVENCIONAL EN AMBITOS DE CONFORT
- 6.2** CONCLUSIONES DE COMPARATIVA DE TEMPERATURA INTERIOR Y TEMPERATURA SUPERFICIAL INTERIOR EN AMBITOS DE CONFORT
- 6.3** CONCLUSIONES DE COMPARATIVA DE TIPOS DE CUBIERTA EN BASE A PORCENTAJE PREVISTO DE INSATISFECHOS VERSUS COSTE ECONOMICO

6.1 CONCLUSIONES DE COMPARATIVA DE TIPOS DE CUBIERTA CONVENCIONAL EN AMBITOS DE CONFORT

- 1- La lámina de Fibrocemento es el material de recubrimiento que menor disminución de temperatura representa en cada una de las propuestas planteadas, sin importar la tipología o características en relación a las capas que componen cada una de las cubiertas, lo cual se debe a las propiedades del material como lo son la conductividad, coeficiente de resistencia térmica, absorptividad, etc.
- 2- Al igual que en el caso del material de recubrimiento de la cubierta, al estudiar el cielo falso, el formado por placas de fibrocemento es más desfavorable en relación al formado por placas de cartón yeso, sin importar el tipo de material de recubrimiento de la cubierta, siendo la peor combinación de materiales en cubierta; la que está formada por lamina de fibrocemento y cielo falso de placas del mismo material.
- 3- Entre todas las propuestas presentadas, la que mayor porcentaje de mejorar representa en comparación con la cubierta existente, son las cubiertas que tienen una tipología ventilada y que están compuestas tanto por material aislante resistivo como reflexivo ya que con ello se logra una disminución de temperatura de hasta 31.19 °C. Este tipo de propuesta de cubierta además de ser la que mayor disminución de temperatura presenta, es la que tiene un mayor grado de intervención.
- 4- La tipología de cubierta que mejor se comporta con las condiciones climáticas que se están evaluando es la de tipo ventilada, ya que con esta se logra un constante intercambio de aire entre el interior de la cámara y el exterior, el cual está a menor temperatura que el irradiado por el material de recubrimiento de la cubierta.
Gracias a esto se evita que el aire se acumule en la cámara y que dicha energía radiante se transfiera al material bajo ella, llegando hasta la capa en contacto con el espacio interior, ya que tendría como repercusión un aumento en la temperatura superficial interior.
- 5- La propuesta de cubierta que presenta una mayor eficacia en relación a tipología, sistema constructivo y disminución de temperatura al compararla con la cubierta existente es la propuesta *"Cubierta de tipo no ventilada con 20 cm. de aislamiento de Lana de Roca"* ya que con esta opción se reduce la temperatura 31.07 °C, a pesar de no ser la mayor reducción que se puede observar en dicha tabla.
Sin embargo al compararla con la *"Cubierta de tipo ventilada, con 20 cm. de aislamiento de Lana de Roca y Lamina Reflectante"* con la cual se experimenta el mayor descenso de temperatura, la diferencia entre ambas es de tan solo 0.12 °C y sin embargo el nivel de intervención es claramente mayor, ya que se ha cambiado la tipología de la misma pasando de no ventilada a una de tipo ventilada además de colocarle una nueva capa a la cubierta no obstante estas mejoras no proporcionan una disminución de temperatura acorde al nivel de intervención de la propuesta.

6.2 CONCLUSIONES DE COMPARATIVA DE TEMPERATURA INTERIOR Y TEMPERATURA SUPERFICIAL INTERIOR EN AMBITOS DE CONFORT

- 1- Temperatura del aire tiene una influencia mayor que la temperatura superficial interior con respecto al porcentaje previsto de insatisfechos, lo cual indica que ciertamente es importante mejorar la construcción y las distintas técnicas utilizadas para la misma ya que a través de esta estrategia se lograr disminuir la temperatura superficial interior como ha sido la base de este trabajo, sin embargo esto tiene ciertas limitantes, ya que los factores ambientales propios de cada lugar son los que determinan la temperatura interior (Temperatura del Aire) la cual, dependiendo de la ventilación del recinto, es el mismo valor que la temperatura exterior o de 2 a 3 °C menos que la misma, dicha temperatura llega a tener un peso mayor en la determinación del porcentaje previsto de insatisfechos como se aprecia en la tabla.
- 2- En un primer escenario, al hacer un comparativo directo considerando una temperatura de aire estable de 28 °C, y una temperatura superficial interior con el mismo valor se llega a tener un 18.5% de personas insatisfechas, sin embargo para llegar a un 99.1% de insatisfechos es necesario aumentar en 30°C la temperatura superficial interior; por caso contrario; teniendo la temperatura superficial interior con un valor de 28 °C como en el primer caso pero aumentando la temperatura del aire en tan solo 8 °C se llega igualmente a un 99.1% de personas insatisfechas, existe una diferencia en el aumento de temperaturas de 28 °C ya que no se ha aumentado ni siquiera un tercio del valor que se aumentó la temperatura superficial interior para llegar a ese 99.1% de insatisfechos.

Gracias a esto se puede ver como con un aumento de menores proporciones en la temperatura del aire se tiene el mismo nivel de desconfort que con un aumento claramente mayor en la temperatura superficial interior se refiere. Esto indica que si bien es necesario destinar tiempo y esfuerzo para determinar el tipo de construcción y las técnicas a implementar para mejorar las situaciones de confort en el interior de los espacios y así hacer frente a las exigencias climáticas del entorno al cual se está expuesto, sin la utilización de sistemas activos de ventilación que ayuden a disminuir la temperatura interior en el recinto (temperatura del aire), se debe estar consciente que existen ciertas limitantes las cuales condicionan al momento de lograr el confort, esta situación se pone en evidencia cuando los factores climáticos propios de cada lugar influyen drásticamente aumentando o disminuyendo la temperatura del aire, humedad relativa, etc. Factores climáticos sobre los cuales no se tiene control alguno pero que sin embargo tienen repercusiones severas en dicho confort lo cual se torna extremadamente difícil solventar únicamente con sistemas pasivos; debido a esta situación se ve la necesidad de recurrir a sistemas activos de refrigeración o calefacción para así disminuir o aumentar en cualquiera que sea el caso, la temperatura interior del aire en el recinto para tener mejores condiciones que permitan garantizar dicha satisfacción por parte de los usuarios.

La contribución de estas en conjunto con la temperatura superficial interior, la cual es posible modificar haciendo uso de determinadas técnicas y estrategias de construcción en relación al clima al que se está expuesto dan como resultado situaciones de confort óptimas para los individuos en los diferentes escenarios climáticos.

6.3 CONCLUSIONES DE COMPARATIVA DE TIPOS DE CUBIERTA EN BASE A PORCENTAJE PREVISTO DE INSATISFECHOS VERSUS COSTE ECONOMICO

- 1- Al enfocarse únicamente en la opción de cubierta que supondría la mayor reducción de temperatura superficial interior, la propuesta *"Cubierta de Chapa Metálica con cielo falso de Placas de Yeso, de tipo Ventilada, con 20 cm de aislamiento y Lamina Reflectante"* sería la opción idónea a tomar, ya que se logra una temperatura superficial interior de 28.59 °C, con un porcentaje previsto de insatisfechos de tan solo 18.4%, sin embargo en el ámbito económico, esta es una de las opciones más costosas entre las expuestas con un valor por metro cuadrado que ronda los 88.17 dólares. Como se puede apreciar existe una diferencia significativa en cada uno de los parámetros evaluados al compararla con las cubiertas existentes; es una propuesta muy efectiva pero igualmente costosa.
- 2- El tipo de propuesta que supone el mayor coste por metro cuadrado reflejando en tabla es *"Cubierta de Lamina de Fibrocemento con cielo falso de Placas de Yeso, Ventilada con 20 cm de aislamiento y Lamina Reflectante"* con un coste de 89.12 dólares/m², así mismo esta opción supondría alcanzar una temperatura superficial interior de 28.79 °C con un porcentaje de insatisfechos de 18.5%, sin embargo no representa el porcentaje más bajo de insatisfechos ni la menor temperatura superficial interior, por lo que la opción con el coste económico más elevado no representa la mayor eficiencia posible.
- 3- Las cubiertas que al día de hoy se construyen en el entorno tienen un intervalo de precios que van desde 35.49 hasta 49.09 dólares/m², siendo la opción más económica la *"Cubierta de Chapa Metálica con cielo falso de placas de Fibrocemento"* entre las presentadas, sin embargo tiene un porcentaje de insatisfechos de 99.1%, alcanzando una temperatura superficial interior de hasta 57.67 °C, si bien no es el caso más desfavorable, resulta casi imposible poder llegar a garantizar algún grado de confort interior, sin embargo al agregarle únicamente una lámina reflectante, sin necesidad de cambiar la tipología de la cubierta, se puede experimentar una mejora sustancial, ya que la temperatura disminuye, llegando a valores de 31.25 °C, así como el porcentaje de insatisfechos, que sería de 26.7%. Todas estas mejoras supondrían en el ámbito de costes un aumento de 16.84 dólares/m², la cual sería una buena opción si no se cuenta con una gran cantidad de recursos o si no se desea realizar una intervención de carácter elevado para mejorar las condiciones de la cubierta y garantizar un mayor porcentaje de confort interior.
- 4- La propuesta de cubierta que mayor equilibrio presenta en la comparativa realizada en relación a los parámetros evaluados es la *"Cubierta de chapa Metálica, no ventilada con 20 cm de aislamiento de Lana de Roca"*, con esta opción se tiene una temperatura superficial interior de 28.62 °C, un porcentaje de insatisfechos de 18.5% y finalmente un coste de 48.47 dólares/m², al compararla con la opción más eficaz en términos de confort se encuentra tan solo 0.03 °C por encima de ésta en el ámbito de temperatura superficial interior se refiere así como un 0.1% en porcentaje previsto de insatisfechos; al analizarla desde el punto de vista económico, el coste por metro cuadrado es de 48.47 dólares/m² con lo que se logra una disminución de 39.70 dólares/m² reduciendo un en un poco menos de la mitad el coste total de la cubierta con las mejores prestaciones de confort.

BIBLIOGRAFIA DOCUMENTAL Y ELECTRONICA

- *Passive and Low Energy for Building Design for Tropical Island Climate* / Dr N. V. Baker
- *Thermal Adaptation in the built Environment* / Gail S. Brager, Richard J. de Dear
- *Ropa, Sudor y Arquitectura* / Fernando Ramos Moliner.
- Normativa ISO 7730-1993
- *Thermal Comfort* / Bjørn Kvisgaard
- *Estructuración, Análisis y Diseño Estructural de Elementos de Techo con Perfiles Metálicos* / Carlos A. Cruz, Paolo R. Figueroa, Carlos L. Hernandez
- *Parámetros de diseño de cubiertas ventiladas metálicas para clima cálido húmedo en Tabasco (Tesina)* / Violeta Escobar.
- *Temperatura y rangos de confort térmico en viviendas de bajo costo en clima árido seco* / Luis Sosa
- *El Confort Térmico: dos enfoques teóricos enfrentados* / Gabriel Gomez, Gonzalo Bojorquez, Raul Ruiz
- *Confort Térmico, Método de Fanger para su Evaluación* / Emilio Castejon
- *Política Nacional de Vivienda y Habitat de El Salvador*
- *Mejoramiento de la Tecnología para la Construcción y Sistema de Difusión de la Vivienda Social Sismo-Resistente* / TAISHIN
- *Ecología, Casa y Ciudad* / Bartolache
- ASHRAE, *Application Handbook*.
- *TAISHIN Manual Popular para la Construcción de la Vivienda con Bloque Panel. Primera edición, junio 2007.*
- *Conceptos Generales sobre Ambiente y Confort Térmico* / F.J. Chavez del Valle
- *Escenarios Climáticos de Referencia para la República de El Salvador* / A. Centella, L. Castillo, A. Aguilar.
- *Determinación del potencial solar y eólico en El Salvador* / M. Ayala, I. Sanchez, A. Escalante y W. Marroquin
- *La cubierta metálica en el clima cálido húmedo: análisis del comportamiento térmico del techo de zinc de la vivienda vernácula dominicana* / O. Diaz
- *Selección de los materiales de Muros y Techos para mejorar el confort térmico en las edificaciones no climatizadas* / P. Elias, G. Barrios, J. Rojas y G. Huelisz
- De Dear, R. et al., 1998. *Developing an Adaptive Model of Thermal Comfort and Preference*. ASHRAE Transactions,
- Dear, R.D., 2010. *Thermal Comfort In Natural Ventilation-A Neurophysiological Hypothesis*.
- Dear, R.D., Brager, G. & Cooper, D., 1997. *ASHRAE RP- 884 Developing an Adaptive Model of Thermal Comfort and Preference*.
- Fanger, P.O., 1973. *Assessment of man's thermal comfort in practice*. *British journal of industrial medicine*.
- *El Confort Térmico Adaptativo (Tesina)* / A. Godoy
- *Thermal Comfort Calculator ISO 7730-1993*
www.healthyheating.com/solutions.htm#VecyUPntmkr